LỚP 10
BÀI 1. BIẾN DẠNG XOẮN

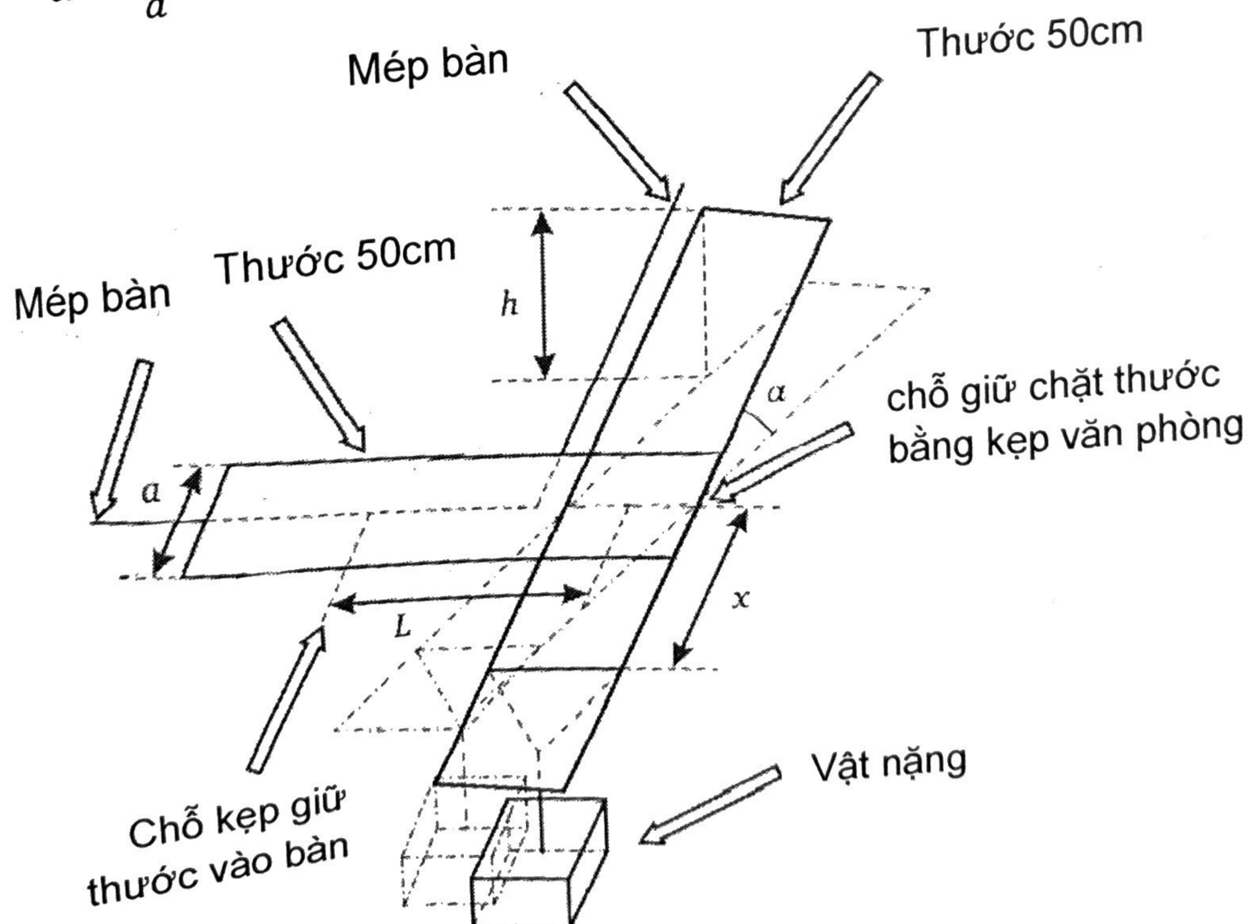
Dụng cụ và vật liệu

Hai thước gỗ loại 50cm; một thước 20cm; một kẹp; một kẹp văn phòng 51mm; một vật nặng 50g; sợi dây.

Nhiệm vụ

1. Lắp thiết bị như trên hình10.1.1. Với biến dạng như vậy, góc quay α của thước phụ thuộc vào mô-men M của lực đặt vào theo quy luật:

$$\alpha = \frac{6}{d} G^k a^m L^n M^p$$



Hình 10.1.1



Trong công thức trên, d – độ dày của thước, a - độ rộng của nó và L - độ dài của thước tham gia vào sự xoắn, G - mô-đun trượt (đặc trưng của vật liệu được đo bằng Pascal (Pa), k. m, n, p là các số nguyên mà ta cần xác định.

2. Xét sự phụ thuộc của góc quay α của thước vào mô-men các lực đặt vào làm cho nó quay. Dựng đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc đó. Xác định hằng số p.

3. Xét sự phụ thuộc của góc quay α của thước vào chiều dài L của phần thước tham gia chuyển động xoắn. Sử dụng các số liệu đó, xác định hằng số n. Dựng đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc tương ứng.

4. Biết các hằng số n và p, hãy tìm các hằng số k và m.

5. Tính giá trị mô-đun trượt G.

Cho gia tốc trọng trường $g = 9{,}8 m/s^2$. Độ dày của thước $d = 2{,}5 mm$. ***Trong bài thí nghiệm này không yêu cầu tính sai số các phép đo.***

ĐÁP ÁN

1. Treo vật nặng vào điểm cách đường trung tâm của thước cần nghiên cứu một khoảng bằng x. Mô-men lực tạo bởi vật nặng khi quay thước một góc α bằng

$$M = mgx\cos\alpha = mgx\sqrt{1-\left(\frac{h}{y}\right)^2}$$

Ở đây $m = 50g$ là khối lượng của vật.

2. Để tìm góc quay của thước cần nghiên cứu, ta đo tọa độ h của đầu thước (thước ở đây là thước treo vật). Khi đó, ta có:

$$\sin\alpha = \frac{h}{y}, \quad \arcsin\frac{h}{y}$$

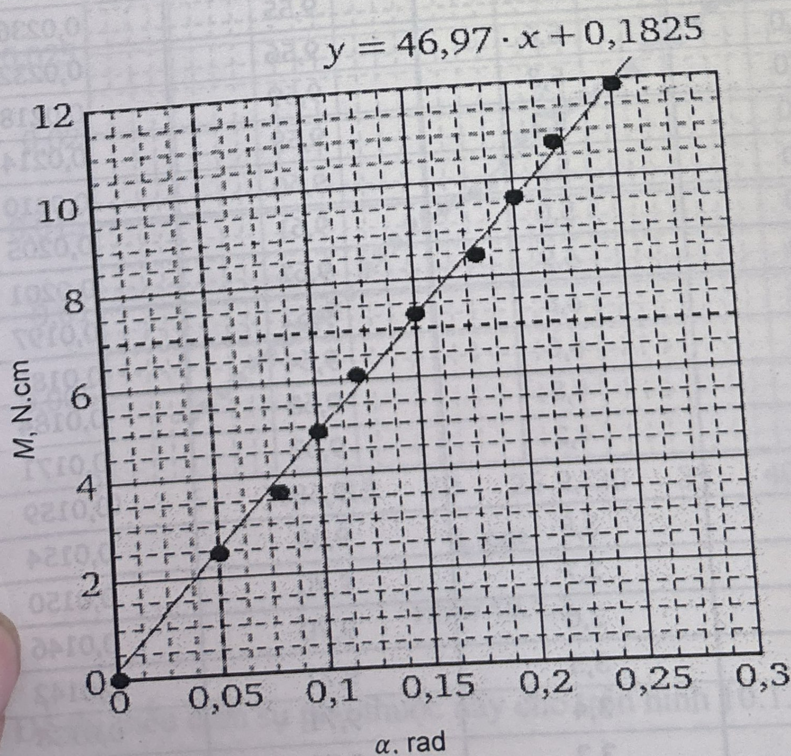
Ở đây $y = 22{,}5cm$ là độ dài của nửa thước treo vật.

Đo sự phụ thuộc $h(x)$, từ đó suy ra sự phụ thuộc $\alpha(M)$ (bảng 1



Bảng 10.1.1

x, см	h, см	α, рад	M, Н · см
0,0	0,0	0,000	0,00
5,0	1,2	0,047	2,45
7,5	1,9	0,075	3,66
10,0	2,5	0,098	4,88
12,5	3,1	0,122	6,08
15,0	3,8	0,150	7,27
17,5	4,5	0,177	8,44
20,0	5,1	0,201	9,60
22,5	5,6	0,221	10,76
25,0	6,4	0,254	11,86
0,0	0,0	0,000	0,00
5,0	1,2	0,047	2,45
7,5	1,9	0,075	3,66
10,0	2,5	0,098	4,88
12,5	3,1	0,122	6,08
15,0	3,8	0,150	7,27
17,5	4,5	0,177	8,44
20,0	5,1	0,201	9,60
22,5	5,6	0,221	10,76
25,0	6,4	0,254	11,86



Hình 10.1.2. Đồ thị $\alpha(M)$

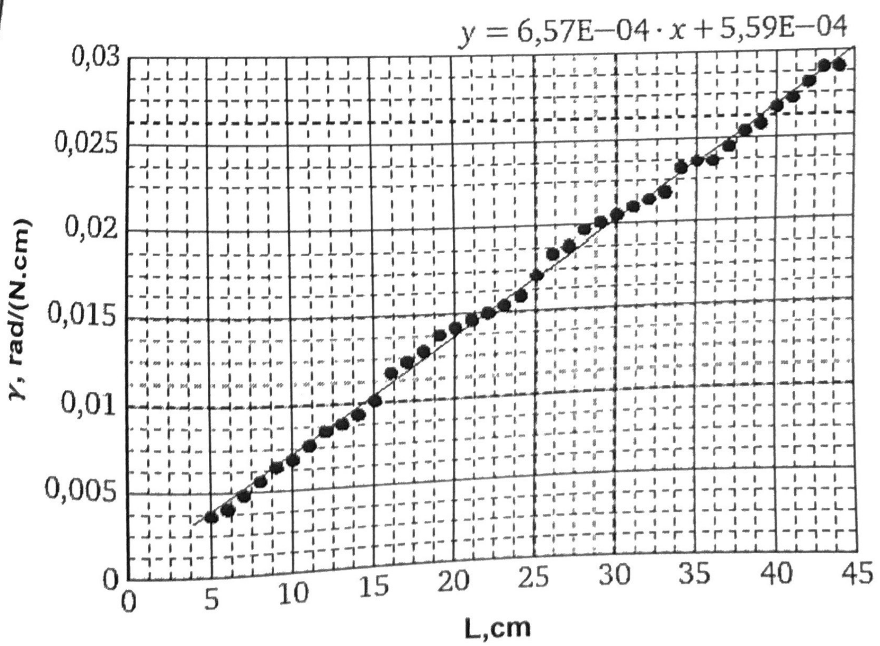
Từ đồ thị dễ dàng thấy rằng $p = 1$.

3. Ở mục trước ta đã xác định được góc α tỷ lệ với mô-men lực M. Ký hiệu hệ số tỷ lệ là γ, ta có: $\alpha = \gamma M$. Để tìm hằng số n, ta xét sự phụ thuộc của γ vào L: $\gamma(L)$. Kết quả đo cho trong bảng 10.1.2. Phép đo được tiến hành với $x = 20cm$.

Bảng 10.1.2
(tiếp theo)

L, cm	h, cm	M, N.cm	γ, rad/(N.cm)
44,0	6,9	9,43	0,0290
43,0	6,9	9,43	0,0290
42,0	6,7	9,46	0,0281
41,0	6,5	9,48	0,0272
40,0	6,4	9,49	0,0267
39,0	6,2	9,51	0,0258
38,0	6,1	9,52	0,0254
37,0	5,9	9,53	0,0245
36,0	5,7	9,55	0,0236
35,0	5,7	9,55	0,0236
34,0	5,6	9,56	0,0232
33,0	5,3	9,59	0,0218
32,0	5,2	9,59	0,0214
31,0	5,1	9,60	0,0210
30,0	5,0	9,61	0,0205
29,0	4,9	9,62	0,0201
28,0	4,8	9,62	0,0197
27,0	4,6	9,64	0,0188
26,0	4,5	9,65	0,0184
25,0	4,2	9,67	0,0171
24,0	3,9	9,68	0,0159
23,0	3,8	9,69	0,0154
22,0	3,7	9,70	0,0150
21,0	3,6	9,70	0,0146
20,0	3,5	9,71	0[illegible]
19,0	3,4	9,71	0[illegible]
18,0	3,2	9,72	0[illegible]

	h, cm	M, N.cm	γ, rad/(N.cm)
L, cm	2,9	9,74	0,0117
16,0	2,5	9,75	0,0101
15,0	2,3	9,76	0,0093
14,0	2,2	9,76	0,0088
13,0	2,1	9,77	0,0084
12,0	1,9	9,77	0,0076
11,0	1,7	9,78	0,0068
10,0	1,6	9,78	0,0064
9,0	1,4	9,79	0,0056
8,0	1,2	9,79	0,0048
7,0	1,0	9,79	0,0040
6,0	0,9	9,79	0,0036
5,0			



Hình 10.1.3

Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc này cho trên hình 10.1.3

Như ta thấy từ đồ thị sự phụ thuộc $\gamma(M)$ có thể coi như là tuyến tính, do đó $n=1$. Hệ số góc của đồ thị bằng:

$$A = 0{,}657.10^{-3} rad/(N.cm^2)$$

Mặt khác,

$$A = \frac{6}{d} G^k a^m$$

4. Các hằng số k và m được tìm bằng phương pháp thứ nguyên:

$$[A] = \frac{[G]^k [a]^m}{[d]} = Pa^k . L^{m-1} = N^{-1} L^{-2} = Pa^{-1} L^{-2} . L^{-2}$$

Hay

$$[1] = Pa^{k+1} . L^{m+3}$$

Suy ra:

$$k + 1 = 0 \quad \text{và } m + 3 = 0$$

Vậy $k = -1$ và $m = -3$.

5. Đo chiều rộng thước $a = 3{,}0cm$. Sử dụng giá trị của A ta tính được mô-đun trượt G.

$$G = \frac{6}{Ada^3} = 1{,}4.10^7 Pa$$

BÀI 2. HỘP XÁM QUANG HỌC

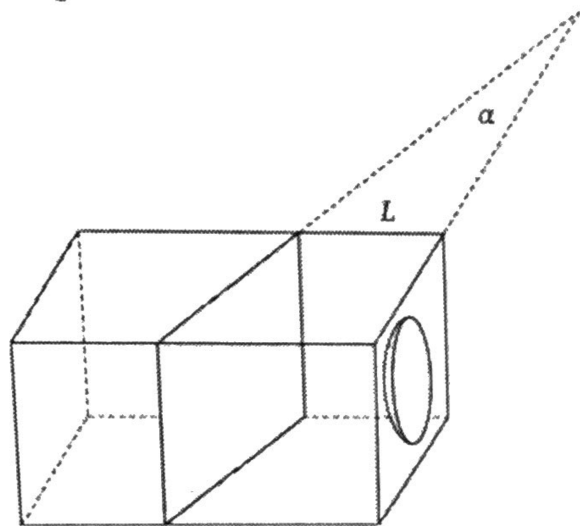
Dụng cụ và vật liệu

Hộp xám quang học, giấy kẻ li, thước kẻ.

Nhiệm vụ

Bài thí nghiệm này yêu cầu xác định các tham số của một hộp xám quang học. Sơ đồ nguyên lý của một hộp xám quang học được cho trên hình 10.2.1.

+ Người ta dán vào mặt trong của hộp một thấu kính (TK). Mặt phẳng TK song song với thành hộp mà nó được dán vào.



Hình 10.2.1

+ Bên trong hộp có gắn một gương. Mặt phẳng gương vuông góc với mặt trên và mặt đáy của hộp. Trên một trong các cạnh của hộp có gắn số hiệu của nó.

1. Hãy vẽ sơ đồ nguyên lý của hộp xám có chỉ rõ mặt có dán nhãn với số hiệu của nó.

2. Xác định góc giữa mặt phẳng gương và mặt phảng TK.

3. Xác định tiêu cự của TK.

4. Xác định khoảng cách từ mép hộp đến cạnh gần nhất của gương.

5. Hãy xác định sai số của các đại lượng tìm được.

Lưu ý:

+ Tuyệt đối cấm sờ vào TK và đánh dấu trên nó

+ Cấm mọi đánh dấu trên hộp.

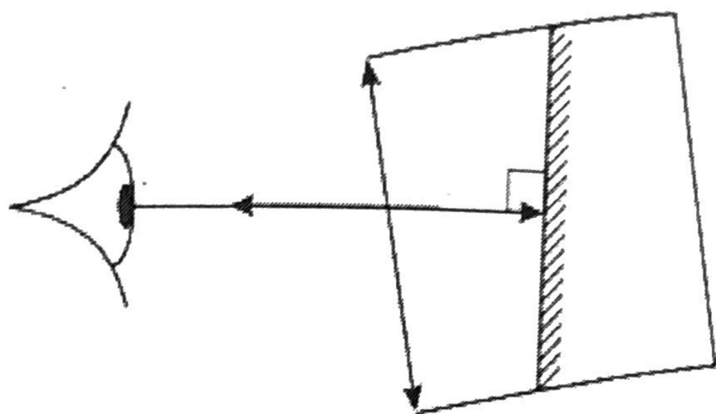
+ Khi tiến hành thí nghiệm có thể coi quang tâm của TK đặt ở tâm hình học của lỗ để đặt nó.

Độ dày của thành hộp là 5mm.

ĐÁP ÁN

1. Khi nhìn vào bên trong hộp, dễ hiểu rằng gương đặt như thế nào (nó vuông góc với mặt nào và lệch đối với mặt nào).

2. Ta đặt hộp xám bằng với mép bàn. Khi đặt đầu lên bàn ta nhìn hộp ở khoảng cách gần 1m và tìm được vị trí khi chúng ta nhìn thấy ảnh của mắt mình ở tâm TK. Tia sáng mà chúng ta thấy đi qua quang tâm TK (tức không bị khúc xạ) và phản xạ vuông góc với mặt phẳng gương (hình 10.2.2). Góc giữa tia này và cạnh hộp xám bằng góc cần tìm giữa gương và TK.

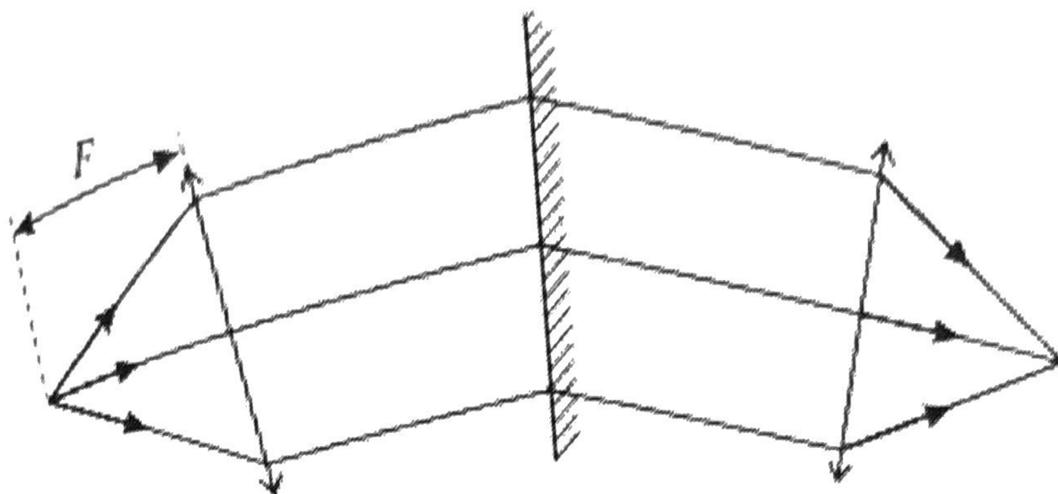


Hình 10.2.2

Ta sẽ xác định được $\alpha = 9{,}5 \pm 0{,}5^0$.

3. Bây giờ chúng ta sẽ xác định tiêu cự của TK. Để làm điều đó chúng ta lại nhìn vào TK từ hướng sao cho lại thấy được mắt mình. Đặt giữa TK và mắt tờ giấy kẻ li gấp đôi. Chọn vị trí của tờ giấy này sao cho các ô trên nó trùng với kích thước các ô ảnh của nó. Nếu chúng ta đạt được điều đó thì khoảng cách từ mắt đến tờ giấy ô li cũng bằng khoảng cách đến ảnh của tờ giấy ô ly.

Từ đó suy ra rằng tờ giấy phải ở mặt phẳng tiêu. Điều này thật dễ hiểu khi xét sơ đồ tương đương với hai TK (hình10.2.3). Và ta nhận được $f = 53 \pm 3cm$.



Hình 10.2.3

4. Đối với các TK có tiêu cự lớn, nghĩa là các vật ở gần TK bị méo không đáng kể. Ta sẽ coi ảnh của gương trùng với chính nó. Đặt thước ở cạnh hộp ở độ cao 0,5cm từ bàn, ta sẽ xác định được "bằng mắt" khoảng cách từ mép hộp đến cạnh gần nhất của gương (xem hình10.2.1): $L = 2,0 \pm 0,4cm$

BÀI 3. SỰ NÓNG CHẢY CỦA BĂNG

Dụng cụ và vật liệu

Một mẩu băng treo trên sợi dây, cốc nước, đồng hồ bấm giây, cân điện tử, hai đũa gỗ, đất nặn, sợi dây, đai ốc.

Nhiệm vụ

Bạn chỉ được cho một cục nước đá! Bởi vậy trước khi xin nó ở ban tổ chức, hãy tìm hiểu kỹ sự hoạt động của cân điện tử, lập chi tiết dàn bài và phương pháp đo.

Cân điện tử sẽ tự động tắt sau 30s - 40s. Nhờ nút "On/Off" bạn có thể bật hoặc tắt vào thời điểm cần thiết. Khi bật, cân sẽ tự động hiển thị số 0, sau đó hiện thị sự thay đổi khối lượng của vật nằm trên nó.

Cho biết nhiệt nóng chảy (riêng) của nước đá: $\lambda = 330kJ/kg$.

Phần 1. "Bộ khuếch đại khối lượng"

Sử dụng quy tắc đòn bẩy có thể làm tăng độ nhạy của cân.

Hãy đề xuất phương pháp làm tăng độ nhạy của cân theo cách nói trên.

Vẽ sơ đồ của "bộ khuếch đại" đó và đo hệ số khuếch đại.

Phần 2. Sự nóng chảy của băng

Băng (nước đá) treo trên dây sẽ tan! Vì nó tan chậm, bạn có thể tăng tốc quá trình này bằng cách thả nó vào nước một lát.

Bạn cần nghiên cứu quá trình truyền nhiệt giữa băng và không khí.

Dựa trên các phép đo của bạn hãy dựng đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của công suất nhiệt từ không khí truyền cho cục băng vào khối lượng của băng. Đánh giá sai số của các giá trị nhận được.

Đừng quên dẫn ra các kết quả đo của bạn cũng như các công thức bạn đã dùng để tính toán!

Hãy đưa ra một mô hình lý thuyết đơn giản mô tả sự phụ thuộc mà bạn vừa rút ra từ thực nghiệm. Kiểm tra khả năng ứng dụng của mô hình đó để mô tả các kết quả của bạn.

ĐÁP ÁN

+ Có thể dùng hai chiếc đũa và sợi dây làm đòn bẩy. Nhờ đòn bẩy đó có thể làm tăng độ nhạy lên 10 lần.

+ Để xác định công suất nhiệt truyền cho cục nước đá cần đo:

- khối lượng cục nước đá m_0
- khối lượng giọt nước tạo thành m.
- thời gian tạo thành giọt nước τ.

Khi đó công suất nhiệt tới cục nước đá bằng:

$$P = \lambda \frac{m}{\tau}$$

Tất cả các phép đo cần tiến hành vài lần và lấy giá trị trung bình. Thủ tục dễ chấp nhận nhất là:

- Cân cục nước đá;
- Sau khi giọt nước đầu tiên bứt ra, bật đồng hồ bấm giây;
- Xác định thời gian bứt ra của mỗi giọt tiếp sau và đo khối lượng cục nước đá;
- Theo sự phụ thuộc trung bình của khối lượng giọt vào thời gian, tính:

$$\frac{m}{\tau} = \frac{\Delta m}{\Delta \tau}$$

- Tính công suất truyền nhiệt.

Các kết quả đo khối lượng băng theo thời gian và đồ thị tương g được cho trong bảng 10.3.1 và đồ thị hình 10.3.1.
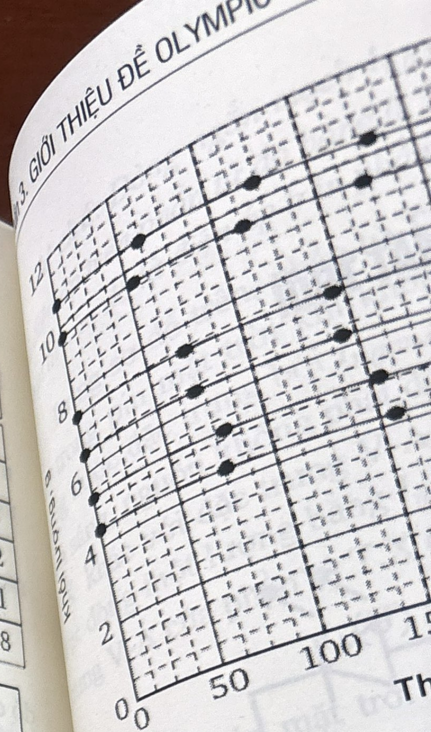
Bảng 10.3.1. Sự phụ thuộc của khối lượng băng vào thời gian

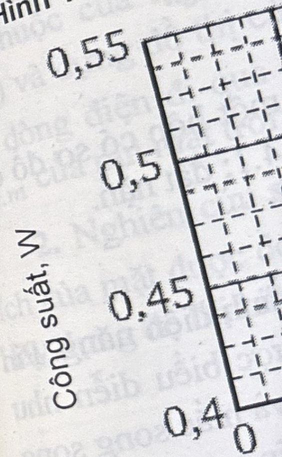
m, g	phút	giây	t	m, g	phút	giây	t
10,64	0	0	0	9,72	0	0	0
10,51	1	1	61	9,63	0	53	53
10,42	2	3	123	9,54	1	53	113
10,34	3	0	180	9,45	2	52	172
10,25	3	58	238	9,35	3	51	231
10,18	4	52	292	9,28	4	48	288
m, g	phút	giây	t	m, g	phút	giây	t
7,52	0	0	0	5,29	0	0	0
7,4	1	10	70	5,2	1	19	79
7,28	2	24	144	5,11	2	34	154
7,18	3	40	220	5,0	3	48	228
7,1	4	48	288	4,9	5	7	307
6,99	6	2	362	4,78	6	21	381
6,48	0	0	0	4,44	0	0	0
6,37	1	10	70	4,33	1	15	75
6,27	2	23	143	4,22	2	37	157
6,14	3	32	212	4,1	4	7	247
6,06	4	43	283	3,99	5	24	324
5,96	5	53	353	3,9	6	51	411

Từ đồ thị ta tìm được các tham số sau: hệ số góc – tốc độ nóng chảy; độ dịch và khối lượng ban đầu. Theo chúng tính được công suất truyền nhiệt bảng 10.3.2.

Bảng 10.3.2

khối lượng, g	9,88	8,99	6,78	4,58	3,68
công suất, W	0,51	0,50	0,48	0,44	0,44





Bảng 10.3.1. Sự phụ thuộc của khối lượng băng vào thời gian

m, g	phút	giây	t	m, g	phút	giây	t
10,64	0	0	0	9,72	0	0	0
10,51	1	1	61	9,63	0	53	53
10,42	2	3	123	9,54	1	53	113
10,34	3	0	180	9,45	2	52	172
10,25	3	58	238	9,35	3	51	231
10,18	4	52	292	9,28	4	48	288

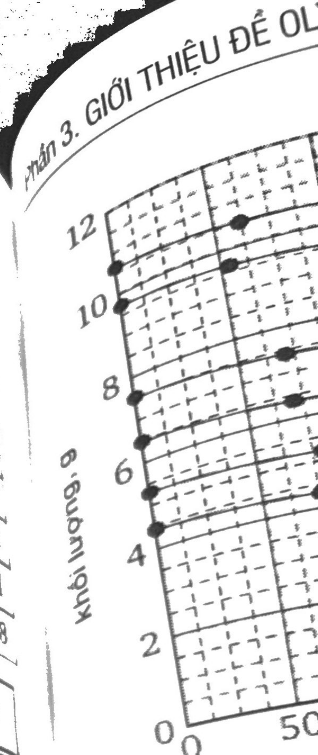
m, g	phút	giây	t	m, g	phút	giây	t
7,52	0	0	0	5,29	0	0	0
7,4	1	10	70	5,2	1	19	79
7,28	2	24	144	5,11	2	34	154
7,18	3	40	220	5,0	3	48	228
7,1	4	48	288	4,9	5	7	307
6,99	6	2	362	4,78	6	21	381

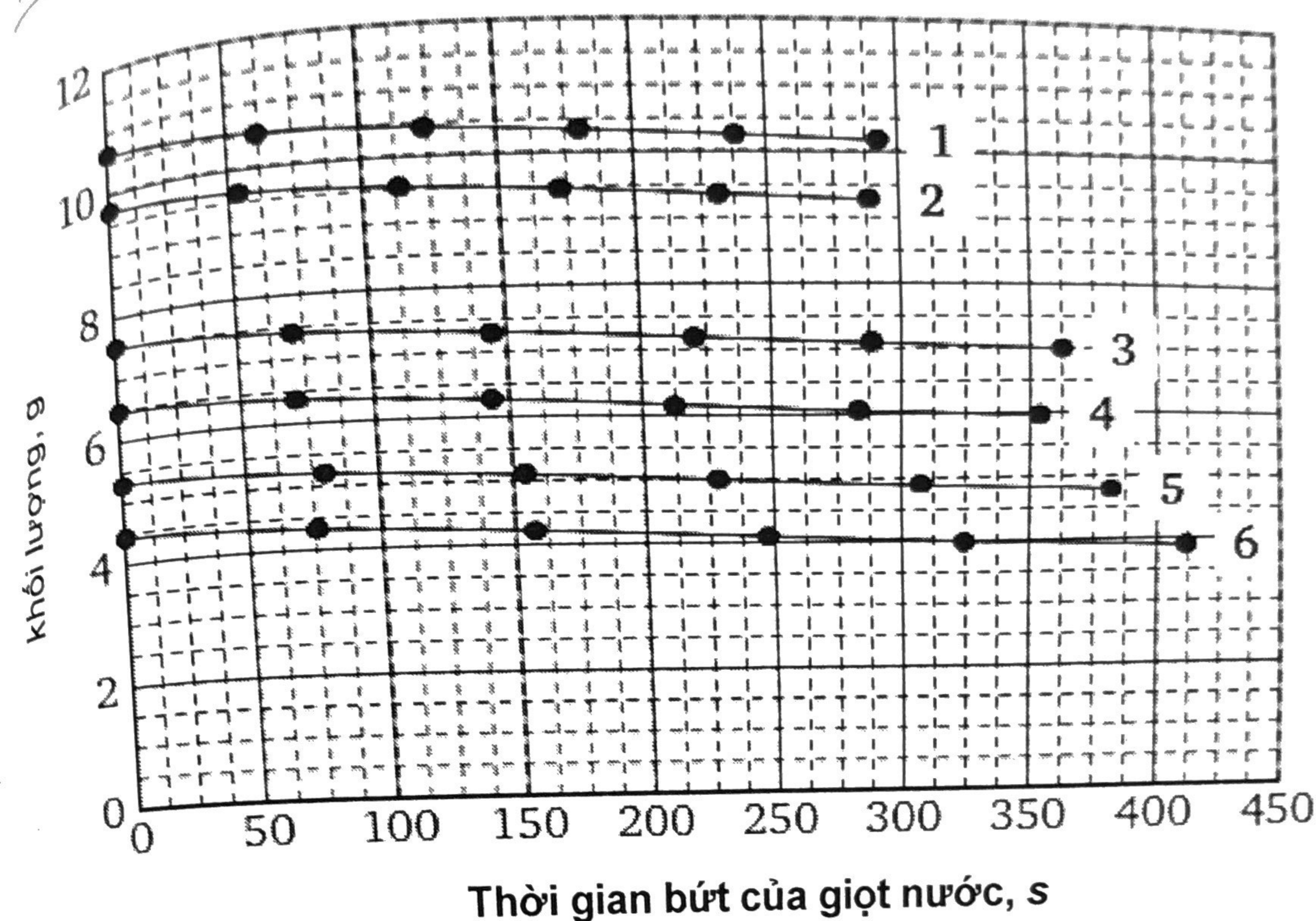
6,48	0	0	0	4,44	0	0	0
6,37	1	10	70	4,33	1	15	75
6,27	2	23	143	4,22	2	37	157
6,14	3	32	212	4,1	4	7	247
6,06	4	43	283	3,99	5	24	324
5,96	5	53	353	3,9	6	51	411

Từ đồ thị ta tìm được các tham số sau: hệ số góc – tốc độ nóng chảy; độ dịch và khối lượng ban đầu. Theo chúng tính được công suất truyền nhiệt bảng 10.3.2.

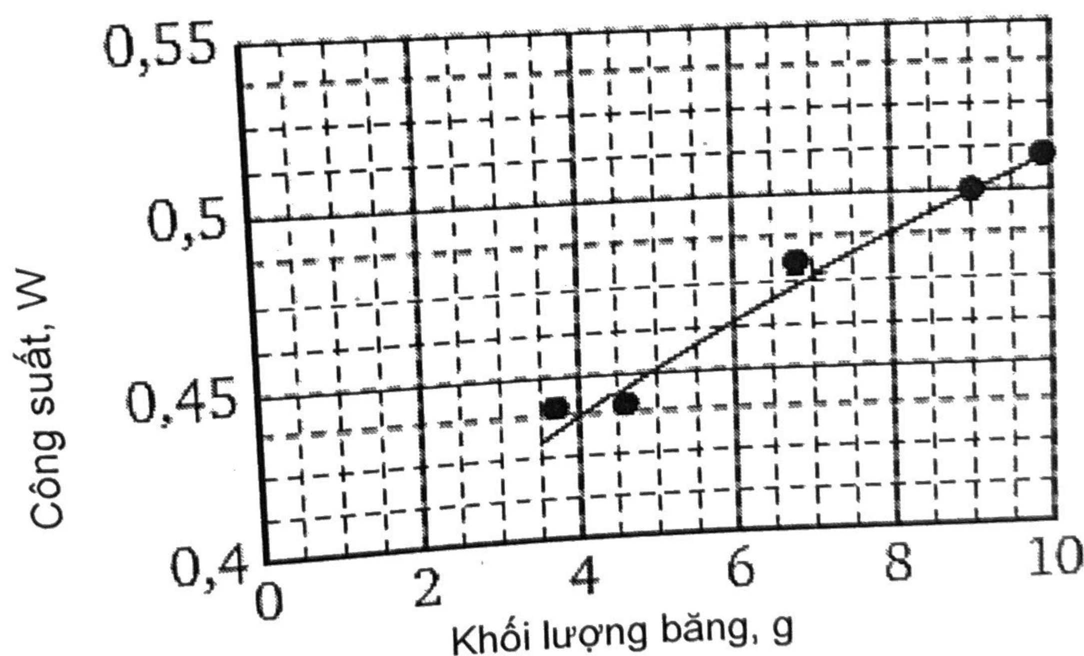
Bảng 10.3.2

khối lượng, g	9,88	8,99	6,78	4,58	3,68
công suất, W	0,51	0,50	0,48	0,44	[illegible]





Hình 10.3.1 Sự phụ thuộc của khối lượng băng vào thời gian



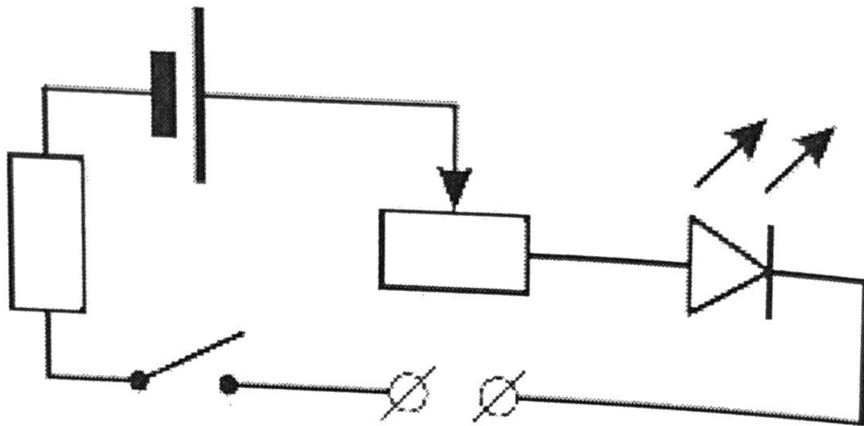
Hình 10.3.2. Sự phụ thuộc của công suất truyền nhiệt vào khối lượng

Đồ thị nhận được cho trên hình 10.3.2:

Mô hình lý thuyết: công suất truyền nhiệt tỷ lệ với diện tích bề mặt hay khối lượng *m*.

BÀI 4. PIN MẶT TRỜI

Dụng cụ và vật liệu

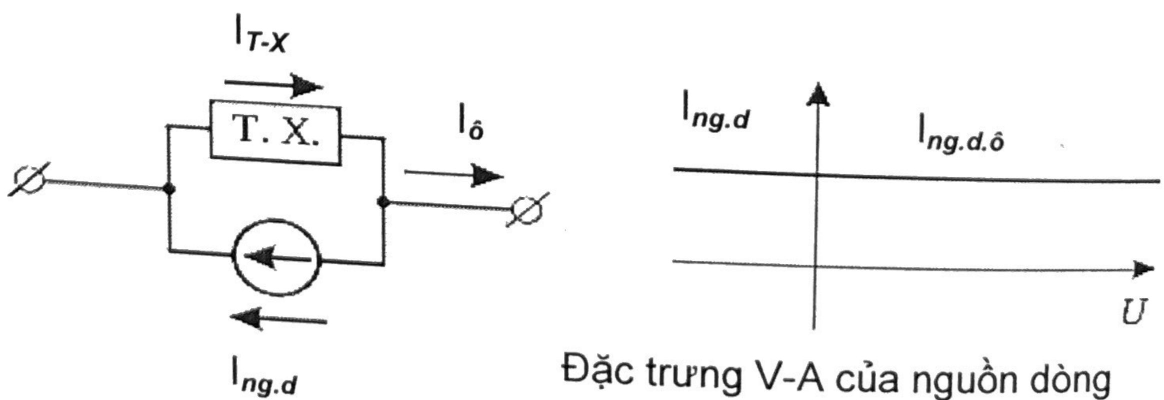


Hình 10.4.1

Pin mặt trời; thước; hai đồng hồ vạn năng; một hộp có sơ đồ cho phép điều chỉnh độ sáng của quang-đi-ốt hình 10.4.1; đất nặn.

Nhiệm vụ

Pin mặt trời – đó là bộ biến đổi quang năng thành điện năng. Pin mặt trời có diện tích lớn, để thuận tiện, thường được biểu diễn như một tập hợp các ô cơ sở, phân bố đều trên diện tích và mắc song song với nhau. Mô hình đơn giản nhất của ô sơ cấp trong pin mặt trời có thể được biểu diễn bằng sơ đồ tương đương sau:



Hình 10.4.2

Ghi chú: Dòng ngắn mạch $I_{ng.m}$ của một phần tử nào đó là dòng mà điện áp trên phần tử đó bằng 0. Điện áp chạy không tải $U_{k.t}$ của một phần tử nào đó là điện áp trên phần tử đó mà dòng điện qua nó bằng 0.

Trong sơ đồ trên, phần tử T.X đặc trưng cho hoạt động của ô sơ cấp trong pin mặt trời khi không có ánh sáng chiếu vào, còn nguồn dòng được đặc trưng bởi $I_{ng.m.ô}$ ở trạng thái chiếu sáng (khi không có ánh sáng, nguồn không phát dòng). Vì vậy đặc trưng V-A của phần tử T.X khác với đặc trưng V-A của toàn ô bởi sự dịch chuyển dọc theo trục dòng một lượng bằng $I_{ng.m.ô}$. Điều quan trọng cần lưu ý rằng đặc trưng V-A của phần tử T.X đi qua điểm (0,0), còn

$$\boldsymbol{I_{ô}(U) = -I_{ng.d}(U) + I_{T.X}(U)}$$

1. Đặt pin mặt trời cùng với đèn LED vào trong hộp sao cho không có ánh sáng bên ngoài đập vào bề mặt của nó. Nghiên cứu sự phụ thuộc của $I_{ng.m}$ của pin mặt trời vào dòng điện qua đèn LED ($I_{q.d}$) và dựng đồ thị của nó. Coi công suất phát xạ của đèn LED tỷ lệ với dòng điện đi qua nó, hãy rút ra kết luận về dạng phụ thuộc của $I_{ng.m}$ của pin mặt trời vào công suất bức xạ chiếu tới nó.

2. Nghiên cứu sự phụ thuộc của $I_{ng.m}$ của pin mặt trời vào diện tích của mặt được dọi sáng (với cường độ ánh sáng tới không thay đổi). Hãy dựng đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc đó trong các tọa độ rút gọn

$$\frac{I_{ng.m}}{I_{ng,m.max}}\left(\frac{S}{S_{max}}\right)$$

Trong đó $I_{ng.m}$ là dòng ngắn mạch khi chiếu sáng bề mặt có diện S, còn $I_{ng.m.max}$ là cường độ dòng ngắn mạch khi chiếu sáng toàn diện tích của pin mặt trời. Hãy chứng minh tính đúng đắn của mô lý thuyết trình bày ở trên.

3. Nghiên cứu sự phụ thuộc của điện áp chạy không tải $U_{k.t}$ của mặt trời vào diện tích chiếu sáng của bề mặt. Dùng các số liệu ... pin mặt trời khi

ĐÁP ÁN

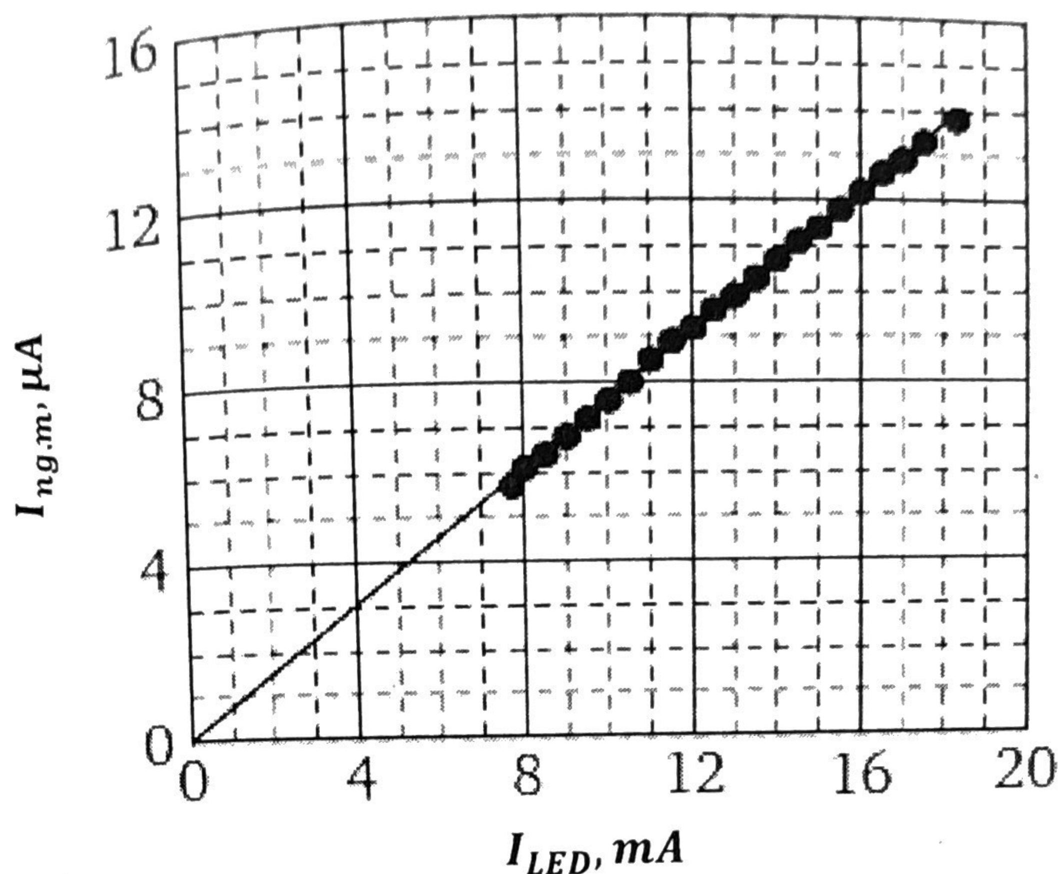
1. Sử dụng đất nặn, giữ pin mặt trời ở trong hộp và đóng nắp hộp lại để không cho ánh sáng từ ngoài lọt vào. Mắc các đầu ra từ pin mặt trời với đầu ra từ trong hộp của sơ đồ qua một ampe kế.

Kết quả nghiên cứu sự phụ thuộc cho trong bảng 10.4.1 và đồ thị yêu cầu cho trong hình 10.4.3.

Từ đồ thị suy ra rằng $I_{ng.m}$ của pin mặt trời tỷ lệ thuận với công suất bức xạ chiếu tới nó.

Bảng 10.4.1

I_{LED}, mA	$I_{ng.m}$, μA	I_{LED}, mA	$I_{ng.m}$, μA
7,7	5,7	13,0	9,9
8,0	6,1	13,5	10,3
8,5	6,4	14,0	10,7
9,0	6,8	14,5	11,1
9,5	7,2	15,0	11,4
10,0	7,6	15,5	11,8
10,5	8,0	16,0	12,2
11,0	8,5	16,5	12,6
11,5	8,9	17,0	12,9
12,0	9,2	17,5	13,3
12,5	9,6	18,3	13,8

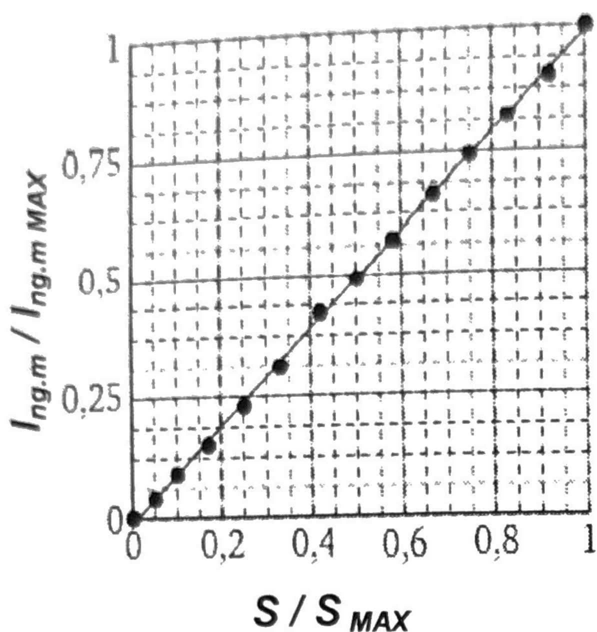


Hình 10.4.3

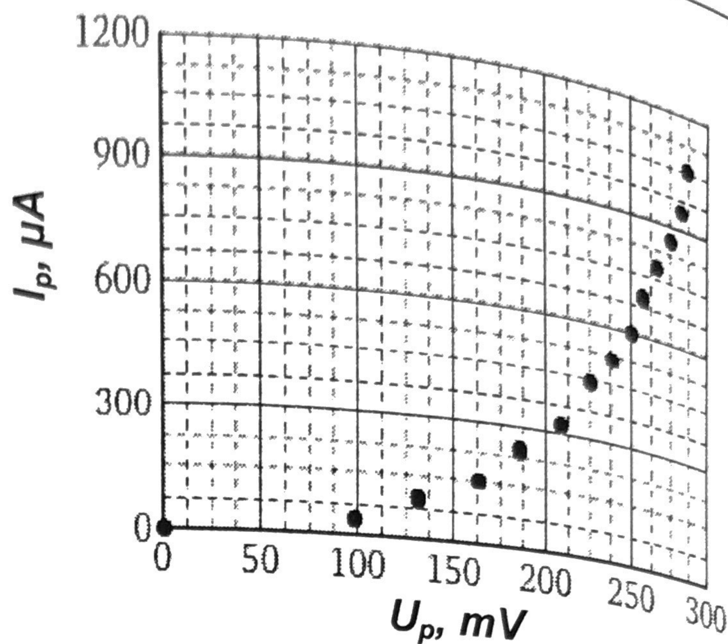
2. Nhờ đất nặn gắn một thước vào pin mặt trời. Bây giờ đóng nắp hộp che một phần bề mặt của pin mặt trời và mỗi một lần như vậy đo $I_{ng.m}$ bằng ampe kế và đo S/S_{max} bằng thước. Kết quả cho trong bảng 10.4.2.

Bảng 10.4.2

S / S_{MAX}	U_{xx}, mV	$I_{ng.m}$, μA	$I_{ng.m} / I_{ng.m\ MAX}$
1,00	286	1055	1,00
0,92	282	945	0,90
0,83	275	861	0,82
0,75	266	781	0,74
0,67	257	695	0,66
0,58	250	599	0,57
0,50	238	515	0,49
0,42	225	443	0,42
0,33	208	325	0,31
0,25	185	243	0,23
0,17	163	154	0,15
0,10	131	96	0,09
0,05	98	39	0,04
0,00	0,3	0	0,00



Hình 10.4.4



Hình 10.4.5

Việc sự phụ thuộc là tỷ lệ thuận (hình 10.5.4) chứng tỏ sự đúng đắn của mô hình các ô sơ cấp. Dòng ngắn mạch tỷ lệ thuận với số lượng các ô được chiếu sáng, và đến lượt mình, nó tỷ lệ thuận với diện tích được chiếu sáng.

3. Vì dòng của pin mặt trời ở chế độ chạy không tải thực tế bằng 0, ta có $I_p = I_{ng.m}$ (ở đây I_p là dòng điện pin mặt trời). Đồng thời khi không được chiếu sáng $U_p = U_{x.x}$.

Do đó:

$$I_p(U_p) = I_{ng.m}(U_{x.x})$$

BÀI 5. TÀU HỎA TỪ

Dụng cụ và vật liệu

Một máng nhôm (đường ray, đường lăn) được gắn sao cho có thể điều chỉnh được độ nghiêng; 5 nam châm neodium như nhau, có cùng khối lượng $m = 0{,}73g$ (các nam châm nhiễm từ song song với cạnh ngắn nhất, tức các cực từ ở hai đáy rộng nhất của hình hộp); đồng hồ bấm giây; thước kẻ; thước đo góc.

Ghi chú: *lấy gia tốc rơi tự do* $\boldsymbol{g = 9,81m/s^2}$

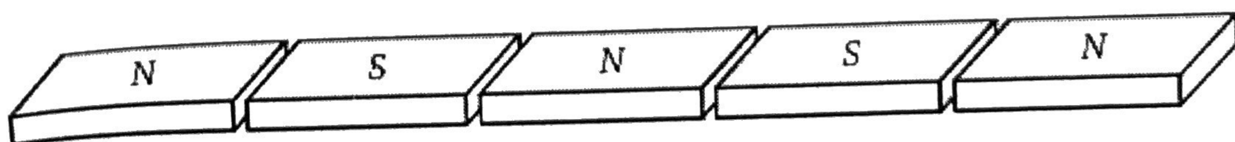
Nhiệm vụ

Khi chuyển động trên bề mặt kim loại không nhiễm từ, nam châm vĩnh cửu sẽ gây ra hiện cảm ứng điện từ tạo ra một dòng điện xoáy trong kim loại. Theo định luật Lens các dòng điện này dẫn tới xuất hiện một lực từ tác dụng lên nam châm và cản trở chuyển động của nó:

$$\vec{F} = -k\vec{v}$$

Ở đây $\vec{v}$ là vận tốc của nam châm, k gọi là hệ số từ trở phụ thuộc vào kích thước và hình dạng của nam châm, vào cảm ứng từ và độ dẫn điện của kim loại.

Một số nam châm có thể bám chặt vào nhau do lực hút giữ chúng dưới dạng một "đoàn tàu", với các cực bắc và nam xen kẽ nhau như chỉ ra trên hình10.5.1.



Hình 10.5.1

Hãy xác định hệ số ma sát trượt μ của nam châm theo máng nhôm. Bằng thực nghiệm hãy xác định mối phụ thuộc của hệ số từ trở $k(N)$ vào số nam châm N. Liệu có thể khẳng định rằng hệ số từ trở của đoàn tàu bằng tổng hệ số từ trở của từng nam châm riêng biệt không?

Đánh giá sai số các kết quả đo của bạn.

ĐÁP ÁN

Áp dụng định luật II Newton lên phương dọc theo máng, ta có:

$$ma = mg\,sin\alpha - \mu mg\,cos\alpha - kv \qquad (10.5.1)$$

Gọi vận tốc khi chuyển động đã ổn định là v_s, khi $v \to v_s$ thì $a \to 0$.

Do đó:

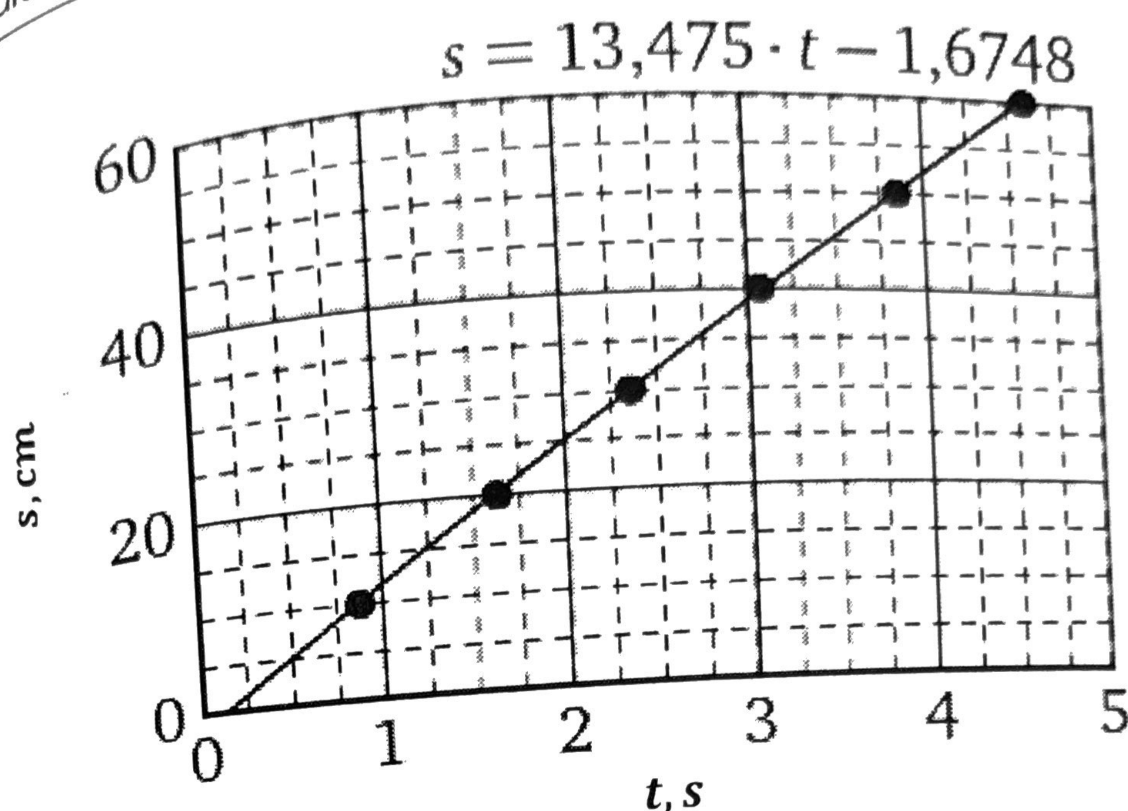
$$v_s = \frac{mg}{k}(sin\alpha - \mu cos\alpha) \qquad (10.5.2)$$

Kiểm tra xem khi đó chuyển động của nam châm có là đều. Thả nam châm từ các khoảng cách s khác nhau tính từ chân máng và đo thời gian nam châm đi hết quãng đường đó. Đối với mỗi khoảng cách tiến hành ba phép đo thời gian, rồi lấy kết quả trung bình (bảng 10.5.1).

Bảng 10.5.1

s, cm	t, s			$\bar{t}$, s
	1	2	3	
10,0	0,87	0,94	0,81	0,87
20,0	1,60	1,63	1,63	1,62
30,0	2,38	2,34	2,32	2,35
40,0	3,06	3,12	3,00	3,06
50,0	3,84	3,87	3,80	3,84
60,0	4,62	4,54	4,62	4,59

Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của s vào t cho trên hình 10.5.2.



Hình 10.5.2

Các điểm thực nghiệm nằm trên một đường thẳng gần như đi qua gốc tọa độ. Điều đó có nghĩa là trong giới hạn độ chính xác của phép đo nam châm chuyển động đều với vận tốc ổn định $v_s = 13{,}5 cm/s$.

Để tìm hệ số ma sát μ và hệ số từ trở $k(1)$ đối với 1 nam châm, ta nghiên cứu sự phụ thuộc của vận tốc ổn định v_s vào góc nghiêng của máng nhôm. Đo thời gian chuyển động ba lần và lấy trung bình ta lập được bảng 10.5.2.

Bảng 10.5.2

α^0	t, s			$\bar{t}, s$	$v_s, cm/s$	$x = \tan\alpha$	$y = \frac{v_s}{\cos\alpha}, cm/s$
	1	2	3				
60,0	4,62	4,54	4,62	4,59	13,06	1,73	26,1
56,6	5,22	5,21	5,23	5,22	11,49	1,52	20,9
53,1	5,41	5,47	5,41	5,43	11,05	1,33	18,4
49,5	5,50	5,63	5,81	5,65	10,63	1,17	16,3
45,6	6,24	6,25	6,25	6,25	9,61	1,02	13,7
36,0	7,87	8,14	8,04	7,49	0,75	9,25	7,49

Nếu đặt

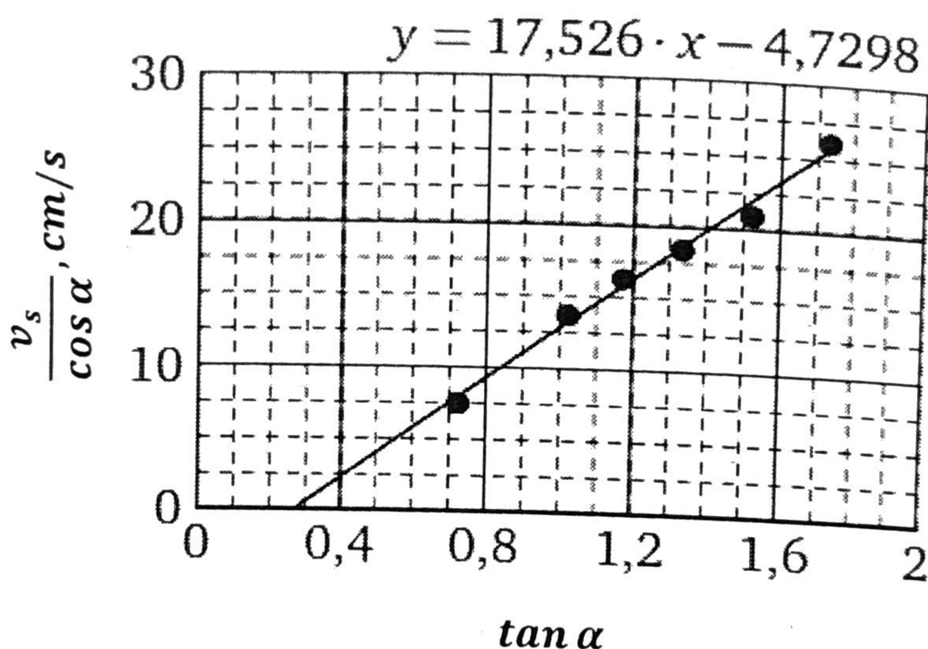
Thì từ (10.6.2) suy ra sự phụ thuộc của y vào x là tuyến tính

$$y = \frac{mg}{k}(x - \mu)$$

Như vậy đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của y vào x cắt trục hoành tại $x_0 = \mu$ và độ dốc của đồ thị này liên hệ với hệ số từ trở k:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{mg}{k}$$

Ý nghĩa của độ dốc ở đây đó là vận tốc ổn định tương ứng với sự trượt trên một mặt phẳng gần như thẳng đứng: $v_s(90^0)$.



Hình 10.5.3

Khi xét giao điểm của đồ thị với trục x (hình 10.5.3), ta tìm được $\mu = 0,27$ và độ dốc của đồ thị

$$\frac{mg}{k} = 16,5cm/s = 0,165m/s$$

Từ đây ta tính được:

$$k = 5,6.10^{-3}(kg)\frac{9,81(m/s^2)}{0,165(m/s)} = 0,33kg/s$$

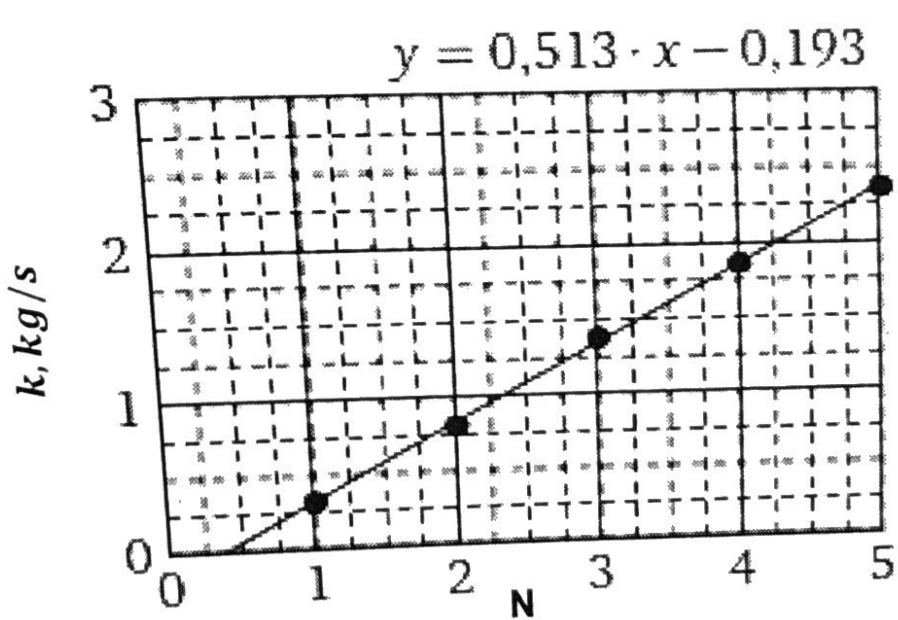
Lập bảng gồm kết quả ba lần thời gian trượt xuống của đoàn tàu và vận tốc ổn định tương ứng đối với đoàn tàu phụ thuộc vào số nam châm N và đối với góc nghiêng của máng $\alpha = 36^0$ và khoảng cách $s = 60cm$ cho trước. Hệ số từ trở được tính theo công thức:

$$k(N) = \frac{Nmg}{v_s}(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) \tag{10.5.3}$$

Ở đây Nm là khối lượng cả "đoàn tàu", $\mu = 0{,}2$, $\sin\alpha = 0{,}6$, $\cos\alpha = 0{,}8$. Kết quả thí nghiệm được cho trong bảng 10.5.3 và đồ thị hình 10.5.4.

Bảng 10.5.3

N	t, s			$\bar{t}, s$	$v_s, cm/s$	$k, kg/s$
	1	2	3			
1	7,87	8,14	8,04	8,02	7,49	0,32
2	10,04	10,08	10,01	10,04	5,97	0,81
3	11,63	11,45	11,22	11,43	5,25	1,38
4	11,70	11,74	11,14	11,52	5,21	1,86
5	12,00	11,59	11,63	11,74	5,11	2,36



Hình 10.5.4

Như ta thấy từ đường hồi quy tuyến tính, việc bổ sung thêm nam châm mới sẽ dẫn đến sự tăng hệ số từ trở thêm một lượng bằng 0,51kg/s so với khi chỉ có một nam châm (0,33kg/s). Do đó, hệ số từ trở của "đoàn tàu" lớn hơn tổng các hệ số từ trở của các nam châm riêng rẽ. Kết quả này có thể giải thích như sau: sự luân phiên các cực ngược nhau của các nam châm sẽ làm cho các từ trường của chúng tăng cường nhau . Tuy nhiên, do lực từ tỷ lệ với B^2 (dòng $\sim Bv$, lực tỷ lệ với $IB \sim B^2v$), do đó lực từ tác dụng lên đoàn tàu lớn hơn tổng các lực từ tác dụng lên các nam châm riêng lẻ. (Hiệu ứng này tương tự như sự tăng cường độ sóng trong giao thoa tăng cường nhau của các sóng).

LỚP 11
Bài 1. CON LẮC CAO SU

Dụng cụ và vật liệu

Dây cao su có thắt thòng lọng; bộ quả cân $10 \times 50g$; thước cuộn, giá đỡ.

Nhiệm vụ

Trong bài thí nghiệm này không yêu cầu tính sai số

Phần 1. Biến dạng

1.1. Treo một đầu dây cao su sao cho dây có phương thẳng đứng. Đầu kia của dây treo một quả cân. Nghiên cứu sự phụ thuộc độ dãn Δl_1 của dây vào khối lượng *m* của vật treo: khi tăng tải (liên tiếp thêm vào các quả cân) và khi bớt tải (liên tiếp bỏ các quả cân ra). Dựng đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc nhận được. Tại sao sự dãn của dây lại phụ thuộc vào trật tự các phép đo?

Chú ý phần 1.2 dưới đây chỉ sử dụng các số liệu khi tăng tải.

1.2. Gấp đôi sợi dây lại rồi cũng treo thẳng đứng. Treo các quả cân vào giữa sợi dây gấp đôi. Đo sự phụ thuộc độ dãn Δl_2 của dây đã gấp đôi vào khối lượng các vật treo.

1.3. Hai sự phụ thuộc nhận được ở trên dĩ nhiên là khác nhau, vì các tham số hình học của dây đã thay đổi. Tuy nhiên, có thể đưa vào các đặc trưng biến dạng của dây và các lực đặt vào nó để hai sự phụ thuộc này là như nhau và đặc trưng cho các tính chất của chính bản thân cao su. Hãy xác định các đặc tính đó và dựa trên các số liệu thực nghiệm nhận được (ở các mục 1.1 và 1.2) chứng minh tính tổng quát sự phụ thuộc mà bạn đề xuất.

Phần 2. Dao động

2.1. Tiến hành đo sự phụ thuộc của chu kỳ dao động thẳng đứng của ác quả cân treo trên dây cao su vào số quả cân: $T(n)$. Sử dụng toàn bộ chiều dài của sợi dây. Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc nhận được.

Để tăng số dao động, nên tiến hành các phép đo, khi giữ một đầu sợi dây trong tay và nâng lên, hạ xuống con lắc một cách tuần hoàn.

2.2. Sử dụng số liệu về sự đàn hồi của dây cao su (xem mục 1.1) tính giá trị lý thuyết của chu kỳ dao động. Hãy đưa các giá trị lý thuyết ấy lên đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc đã tìm được bằng thực nghiệm.

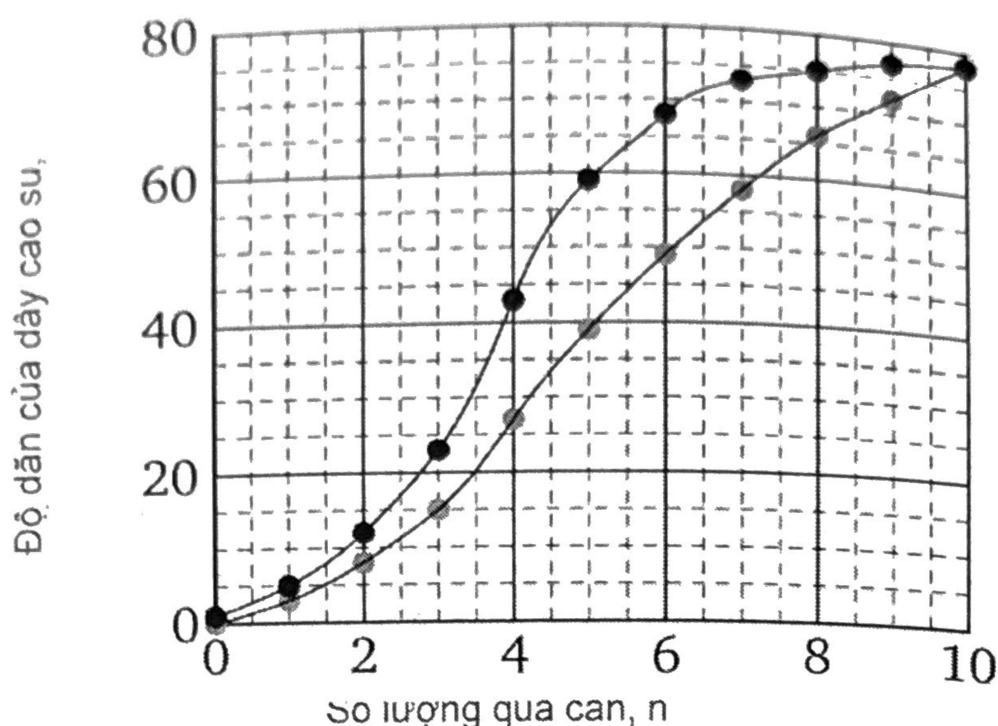
ĐÁP ÁN

Phần 1. Biến dạng

1.1 Kết quả đo sự phụ thuộc độ dãn của dây vào số các quả cân treo vào khi tăng tải và bớt tải được cho trong bảng 11.1.1. Trên hình 11.1.1 cho đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc đó.

Bảng 11.1.1 Độ dãn của dây cao su đơn

n	Tăng thêm tải		Giảm bớt tải	
	l, см	dl, см	l, см	dl, см
0	22	0	23	1
1	25	3	27	5
2	30	8	34	12
3	37	15	45	23
4	49	27	65	43
5	61	39	81	59
6	71	49	90	68
7	80	58	95	73
8	88	66	97	75
9	94	72	99	77
10	100	78	100	78



Hình 11.1.1

Sự khác nhau rõ rệt của hai đường cong được giải thích là do độ biến dạng dư của cao su.

1.2. Tiến hành đo đối với dây cao su kép.

Kết quả đo được cho trong bảng 11.1.2.

Bảng 11.1.2. So sánh dây cao su đơn và kép

Dây cao su đơn				Dây cao su kép			
$\mu = \frac{m}{1}$ g	l, cm	Δl, cm	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$	$\mu = \frac{m}{2}$ g	l, cm	Δl, cm	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
0	31,5	0,0	0,000	0	15,00	0,0	0,000
50	34,5	3,0	0,095	25	16,00	1,0	0,067
100	40,3	8,8	0,279	50	16,80	1,8	0,120
150	52,7	21,2	0,673	75	18,30	3,3	0,220
200	69,8	38,3	1,216	100	20,40	5,4	0,360
250	87,8	56,3	1,787	125	23,20	8,2	0,547
300	104,7	73,2	2,324	150	26,70	11,7	0,780
350	119,2	87,7	2,784	175	30,90	15,9	1,060
400	130,5	99,0	3,143	200	35,70	20,7	1,380
450	138,8	107,3	3,406	225	40,00	25,0	1,667
500	146,0	114,5	3,635	250	44,60	29,6	1,973
550	151,0	119,5	3,794	275	48,70	33,7	2,247
600	155,9	124,4	3,949	300	52,90	37,9	2,527

1.3. Để làm các tham số độc lập với kích thước hình học có thể chọn:

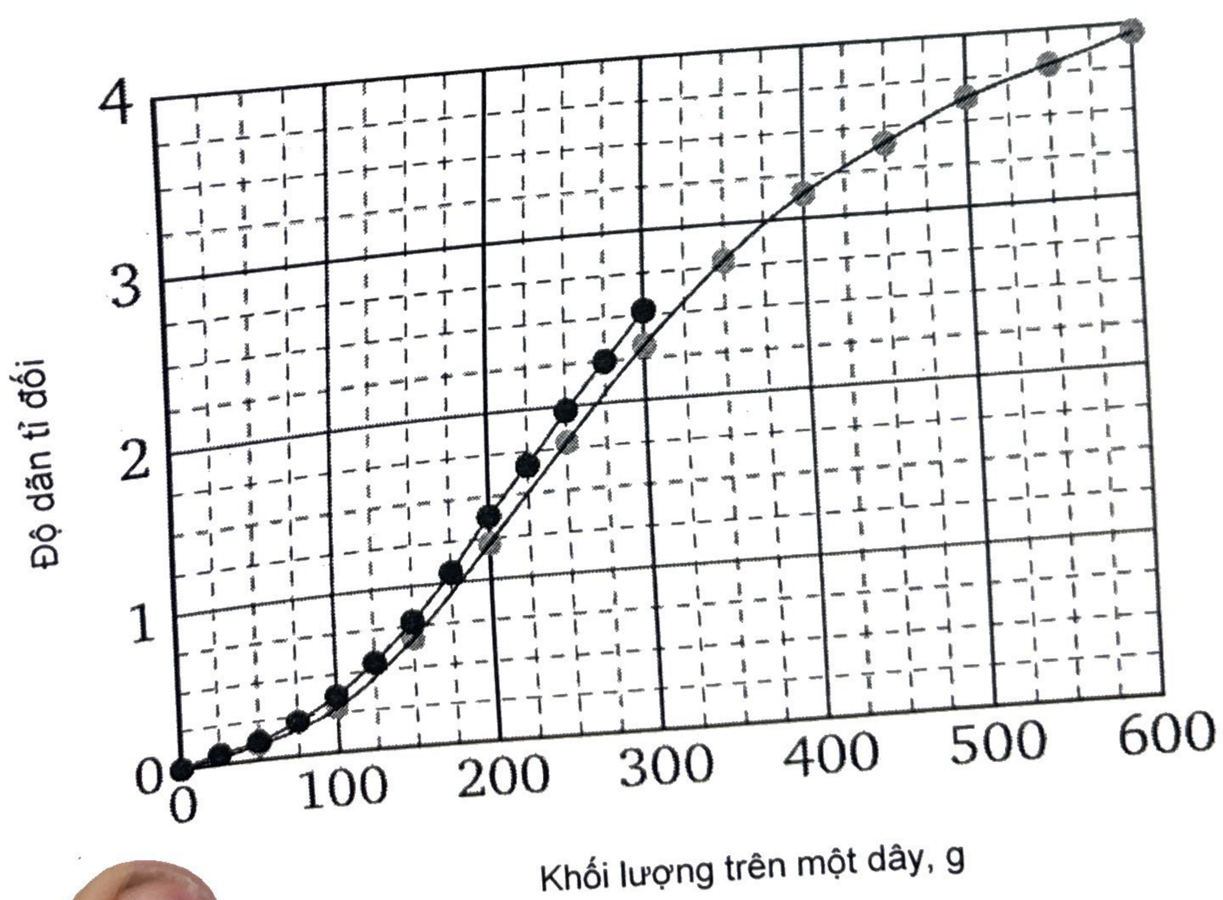
- độ dãn tương đối $\varepsilon = \Delta l / l_0$

- khối lượng tính trên 1 dây cao su $\mu = m/j$.

Trong bảng 11.1.2 liệt kê các kết quả đo độ dãn của các dây cao su đơn và kép, độ dãn tương đối của chúng, tỷ số của khối lượng các quả cân treo vào và số dây.

(*Chú thích*: Theo truyền thống khi mô tả các tính chất đàn hồi, người ta xem xét sự phụ thuộc của độ biến dạng tương đối vào ứng suất cơ học. Tuy nhiên, trong trường hợp bài thí nghiệm này, diện tích tiết diện của dây cao su, thứ nhất, thay đổi và thứ hai, không biết. Bên cạnh đại lượng ở đây có thể xét các đại lượng tương đương sau: khối lượng chia cho số dây, số quả cân chia cho số dây cao su.

Trên hình 11.1.2 cho đồ thị của hai sự phụ thuộc nhận được. Thực tế hai đồ thị này gần như trùng nhau.

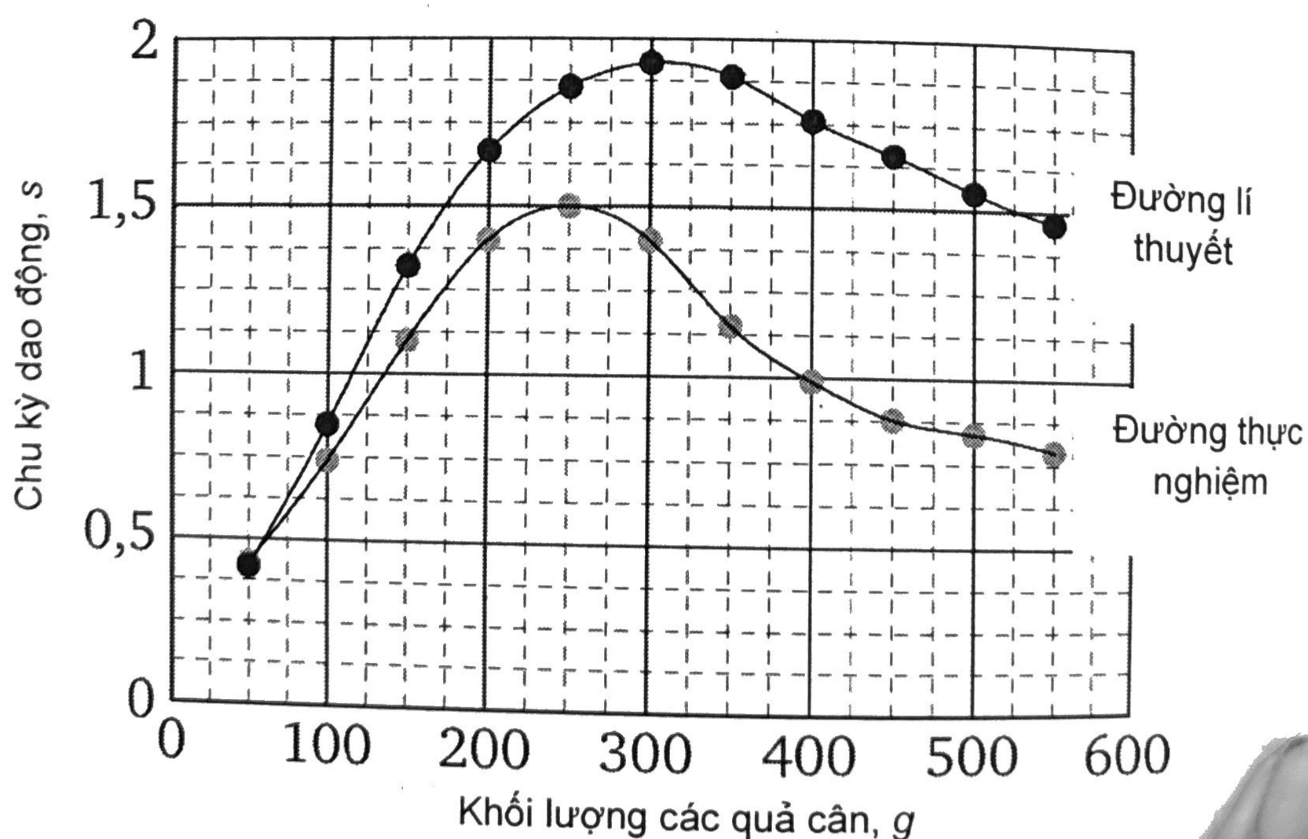


Phần 2. Dao động

2.1. Trong bảng 11.1.3 liệt kê các kết quả đo chu kỳ dao động phụ thuộc vào khối lượng các quả cân treo vào. Đồ thị của sự phụ thuộc này được cho trên hình 11.1.3.

Bảng 11.1.3 Chu kỳ dao động

m (g)	L (cm)	T (s)	K (N/m)	$T_{lí\ thuyết}$ (s)
0	31,5			
50	34,5	0,43	11,364	0,417
100	40,3	0,74	5,495	0,848
150	52,7	1,10	3,390	1,322
200	69,8	1,40	2,849	1,665
250	87,8	1,50	2,865	1,856
300	104,7	1,40	3,185	1,928
350	119,2	1,15	3,876	1,888
400	130,5	0,99	5,102	1,759
450	138,8	0,88	6,452	1,659
500	146,0	0,84	8,197	1,552
550	151,0	0,79	10,101	1,466



Hình 11.1.3. Sự phụ thuộc của chu kỳ dao động vào khối lượng các quả cân

2.2. Theo công thức đã biết đối với chu kỳ dao động:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (11.1.1)$$

Ta thấy chu kỳ dao động phải tăng khi tăng khối lượng. Tuy nhiên, các số liệu đo cho thấy sự phụ thuộc này không là đơn điệu, khi khối lượng các quả cân lớn hơn 300g thì chu kỳ dao động bắt đầu giảm. Có thể giải thích điều này là do sự phụ thuộc của độ dãn dây cao su vào lực đặt vào không phải là tuyến tính – nói cách khác, độ cứng của dây cao su thay đổi khi độ biến dạng tương đối của nó thay đổi. Bởi vậy, đối với các tính toán lý thuyết, trong công thức 11.1.1 ta phải đặt giá trị của độ cứng vi phân

$$\bar{k} = \frac{\Delta F}{\Delta l} = \frac{g.\Delta m}{\Delta l} \quad (11.1.2)$$

Trong bảng 11.1.3 kết quả tính độ cứng đó (việc tính toán theo sơ đồ đối xứng của phép tính đạo hàm), trong cột sau cùng cho kết quả tính chu kỳ dao động, nhưng số liệu này được biểu diễn trên hình 11.1.3. Tất nhiên, khó chờ đợi có sự phù hợp hoàn toàn (nguyên nhân là do sự không chính xác trong việc tính độ cứng vi phân, ảnh hưởng của độ trễ rõ rệt của biến dạng dây cao su, sai số đo), tuy nhiên sự phù hợp về mặt định tính cũng thấy rõ: sự tăng độ cứng rõ rệt của dây cao su giải thích sự giảm của chu kỳ dao động.

Bài 2: HỘP ĐEN

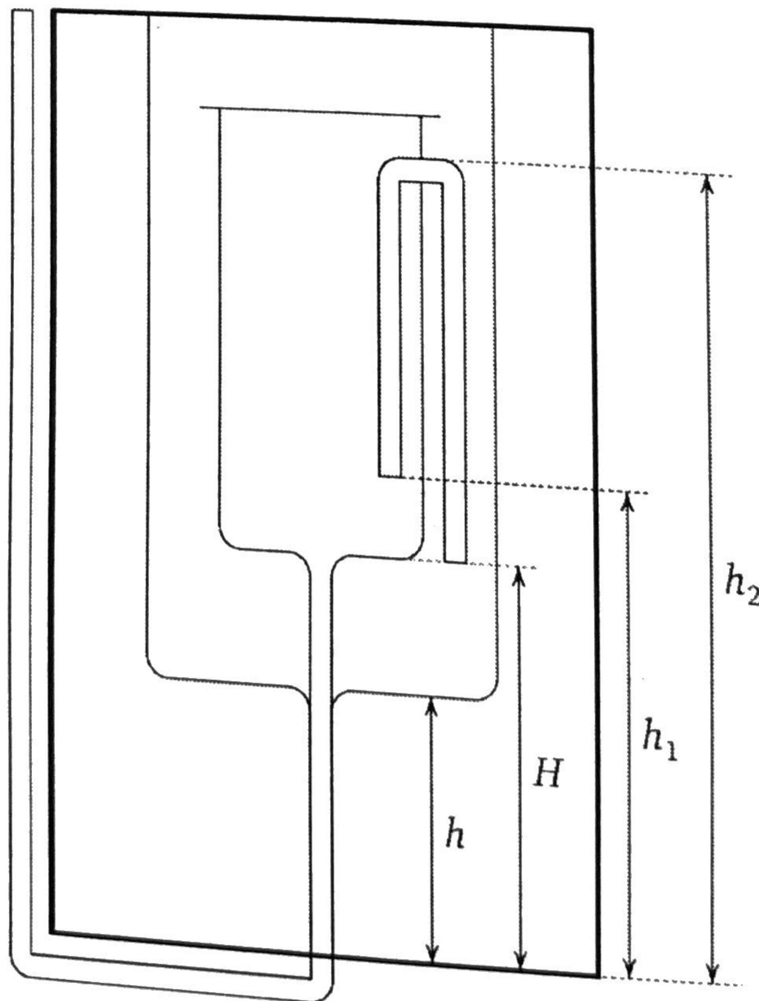
Dụng cụ và vật liệu

Một hộp đen chứa một hệ thống gồm hai ống tiêm (xơ-ranh) ở bên trong, một ống bên ngoài, một thước nhựa, một ống tiêm 10ml, một cốc nước, giấy ăn (theo yêu cầu để lau nước), ống dẫn.

Hãy liên lạc với ban tổ chức nếu muốn đổ nước ra khỏi thiết bị.

Nhiệm vụ

Cho sơ đồ của hộp xám cho trên hình 11.2.1. Hãy xác định tất cả các tham số chỉ ra trên sơ đồ, nghiên cứu sự phụ thuộc của mức nước trong thiết bị vào thể tích chất lỏng đổ vào và dựng đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc đó. Cũng xác định diện tích tiết diện của ống tiêm nhỏ (S_1) và ống tiêm lớn (S_2)



Hình 11.2.1

Khi đổ nước vào đảm bảo ở ống ngoài không tạo thành các bọt khí. Nếu chúng vẫn cứ tạo thành thì khử chúng đi bằng cách cho một ống dẫn vào trong ống ngoài.

ĐÁP ÁN

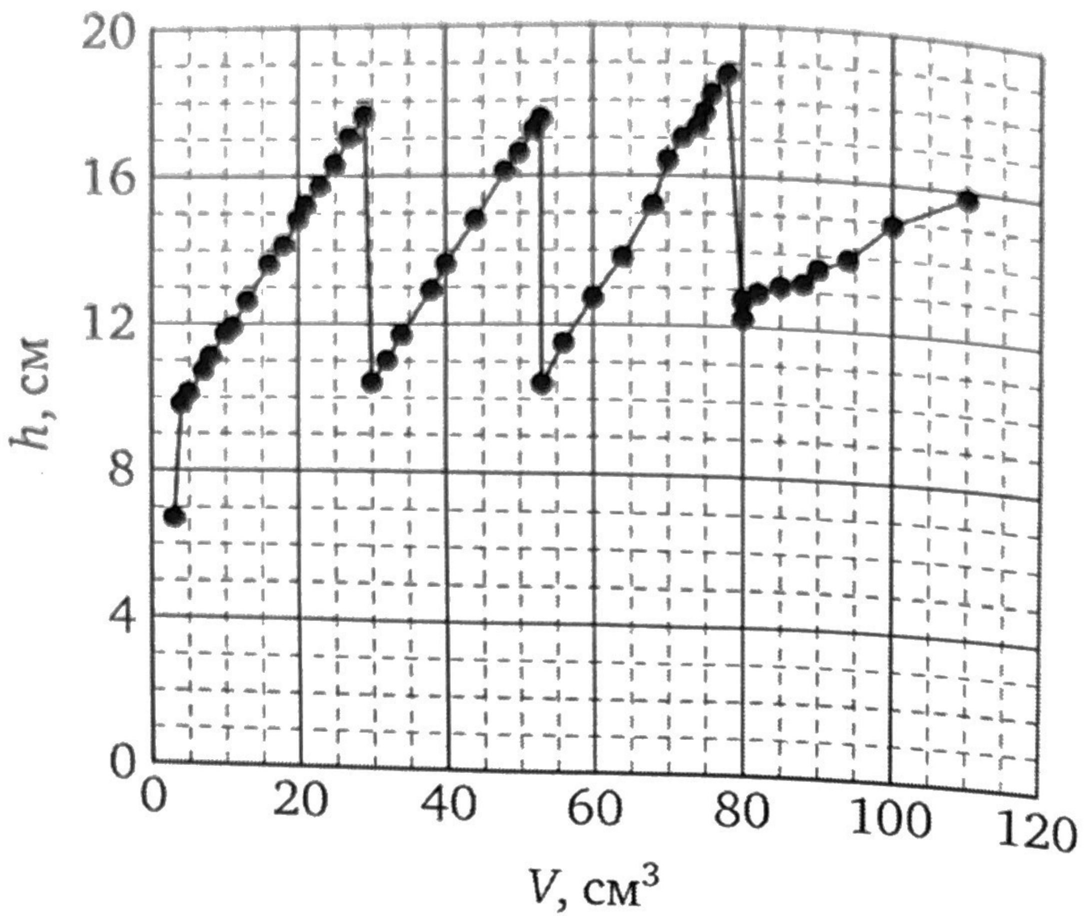
Các kết quả đo độ cao của mực chất lỏng trong hệ thống với thể tích chất lỏng được bơm vào trong bảng 11.2.1.

Bảng 11.2.1.

V, cm^3	h, cm	V, cm^3	h, cm	V, cm^3	h, cm
3	6,7	29	17,6	70	16,4
4	9,8	30	10,4	72	17,0
5	10,1	32	11,0	74	17,3
7	10,7	34	11,7	75	17,7
8	11,1	38	12,9	76	18,2
10	11,7	40	13,6	78	18,7
11	11,9	44	14,8	80	12,2
13	12,6	48	16,1	80	12,7
16	13,6	50	16,6	82	12,9
18	14,1	52	17,2	85	13,1
20	14,8	53	17,5	88	13,2
21	15,2	53	10,4	90	13,6
23	15,7	56	11,5	94	13,9
25	16,3	60	12,7	100	14,9
27	17,0	64	13,8	110	15,8
		68	15,2		

Đồ thị sự phụ thuộc độ cao vào thể tích nước bơm vào:

1. Khi cho nước vào bằng ống tiêm thứ nhất, sau khoảng 5ml để làm đầy hệ thống các ống, nước bắt đầu dồn vào ống tiêm thứ nhất (ống nhỏ) bên trong. Độ cao tăng lên theo quy luật tuyến tính và diện tích tiết diện ngang tỷ lệ ngược với hệ số tăng. Theo chỗ gãy đầu tiên của đồ thị, ta xác định được độ cao $H = 10cm$ và theo hệ số tăng ta tính được $S_1 = 3{,}2cm^2$



Hình 11.2.2

2. Sau khi cho nước vào 35ml, trên đồ thị xuất hiện bước nhảy liên quan đến hoạt động của ống xi-phông. Trong trường hợp của chúng ta đó là 30ml. Khi mức nước vượt quá chỗ uốn của ống, thì nước bắt đầu trào ra. Khi đó đạt tới độ cao $h_2 = 17,5cm$.

Ở đầu ngoài của ống là áp suất khí quyển, trong khi ở đầu trong áp suất vượt quá áp suất khí quyển một áp suất ứng với độ cao cột nước $h_2 - h_1$. Từ hiệu áp suất này tạo nên dòng chảy từ ống tiêm bên trong vào ống tiêm bên ngoài. Ống xi-phông sẽ ngừng hoạt động khi nước không đến được đầu bên trong của ống. Trong ống sẽ còn một thể tích nào đó và ta có thể dùng nó để tính tiếp. Khi biết đại lượng đó ta có thể tính được h_1. Lưu ý rằng thể tích trong ống tiêm đến đỉnh xi-phông có thể chứa được $26cm^3$ nước thì xi-phong bắt đầu dẫn nước.

3. Khi cho nước vào lần thứ hai, chúng ta thấy rằng hệ số nghiêng vẫn như cũ. Trong khoảng từ 50 đến $60cm^3$ xi-phông bắt đầu hoạt động lần thứ hai. Trong thí nghiệm này điều đó xảy ra ở $53cm^3$. Như có thể thấy, lần này trước khi xi-phông hoạt động cần thêm $23cm^3$. Như vậy là do trong ống tiêm vẫn còn nước từ sự hoạt động lần trước của xi-phông. Tính hiệu này ta nhận được thể tích đến mép trong ống

xi-phông là 3ml. Do đó độ cao từ mép trong ống xi-phông đến đáy của ống tiêm trong bằng 1cm, nghĩa là $h_1 = H + 1 = 11cm$.

4. Cho nước vào lần thứ ba, chúng ta phát hiện ra rằng lần này xi-phông bắt đầu hoạt động ở độ cao lớn hơn, trong trường hợp của chúng ta là 18,7cm. Điều đó xảy ra là do ở lần đổ nước thứ hai, nước ở ống tiêm ngoài đã vượt quá mức mép ngoài của ống xi-phông. Thành thử bọt khí bị khóa trong ống, và để "sự đẩy" bọt khí xảy ra, cần có áp suất dư bằng mức nước ở trên mép ngoài của ống xi-phông. Điều này có thể xảy ra sớm hơn cho nước vào quá nhanh. Tuy nhiên, điều đó không làm phương hại gì đến quá trình hoạt động tiếp theo, nếu đo dù chỉ hai lần hoạt động của xi-phông, về điều này xem thêm ở dưới đây. Tiếp theo, sau khi toàn bộ nước được chảy ra hết, đầu ngoài của ống xi-phông tiếp xúc với mặt nước của ống tiêm lớn. Nước từ đó không chảy ra nữa, vì cả hai phía của ống xi phông đều được nối với nước. Kết quả xuất hiện hiệu ứng sau: ống tiêm trong (nhỏ) và ống tiêm ngoài (lớn) trở thành hai bình thông nhau và mức nước trong hai ống tiêm này là như nhau. Theo hệ số góc nghiêng của đồ thị ta được diện tích tiết diện của ống tiêm lớn bằng $S_2 = 11{,}8cm^2$.

5. Tiếp theo, biết được thể tích nước cho vào hệ thống và diện tích S_2 đã biết, ta tính được chiều cao cột nước: $\frac{(120-4)cm^3}{11{,}8cm^2} = 9{,}8cm$

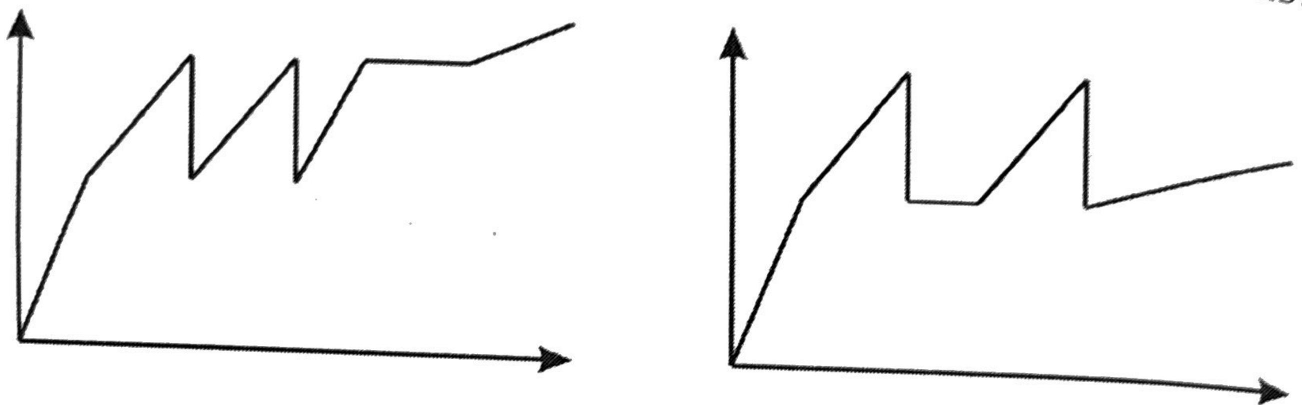
Vì độ cao mức nước ở thể tích này là 15,3cm, do đó độ cao đáy của ống tiêm bằng $h = 6cm$.

6. Cần lưu ý rằng trong một số trường hợp thiết bị có thể hoạt động theo một cách khác và trong lần thứ ba xi-phông có thể không hoạt động, như ta đã nói ở trên, thay vì thế, nước dâng đến mép ống tiêm trong, không đẩy bọt khí, và vẫn còn mãi ở mức đó. Tuy nhiên, khi này sớm hay muộn các mức nước cũng sẽ thăng bằng, và dầu sao thì hệ số trên đồ thị sẽ tương ứng với diện tích ống tiêm lớn.

7. Trên đồ thị chung cũng có thể có dạng không đổi sau khi xi-phông bắt đầu hoạt động, vì học sinh có thể đổ nước quá nhanh hoặc vô ý làm nghiêng thiết bị sao cho nước trong ống xi-phông không kịp chảy ra, khi để cho xi-phông vẫn ở trạng thái hoạt động cho đến khi

một dao động ngẫu nhiên làm chấm dứt chế độ đó. Nhưng điều đó không hề ảnh hưởng đến lời giải nếu học sinh đo được hai lần hoạt động của xi-phông. Nếu học sinh chỉ đo được một lần sự hoạt động của xi-phông thì sẽ không thể tính được h_1 từ hiệu hai thể tích nước rót vào. Trong trường hợp đó cần phải đổ nước ra và rót nước vào một lần nữa.

Do vậy đồ thị định tính tổng quát có thể nhìn như trên hình 11.2.3.



Hình 11.2.3

Thành thử, từ hình 11.2.2, ta nhận được:

$$H = 10cm, h = 6cm, h_1 = 11cm, h_2 = 17{,}5cm,$$

$S_1 = 3{,}2cm^2, S_2 = 11.8cm^2$

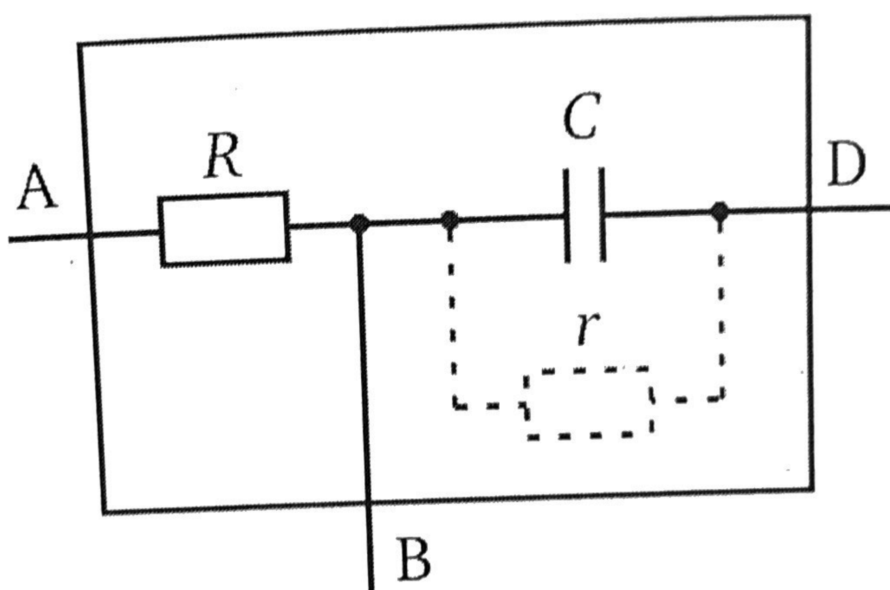
Bài 3: HỘP XÁM VỚI DÒNG XOAY CHIỀU

Dụng cụ và vật liệu

Hộp xám với ba đầu ra, nguồn có điện áp xoay chiều, nhiệt kế nhạy, đồng hồ bấm giây.

Nhiệm vụ

Trong hộp xám có điện trở *R* và tụ điện *C* được mắc theo sơ đồ hình 11.3.1.



Hình 11.3.1

Tụ điện có điện trở rò bên trong *r*. Có thể coi điện trở rò này mắc song song với tụ điện và $r >> R$. Các đầu ra của hộp xám được đánh dấu bằng các màu.

Đổ nước cất vào trong hộp, coi độ dẫn của nước này là rất nhỏ có thể bỏ qua và trong hộp có một lỗ để đặt nhiệt kế.

Khối lượng nước và điện áp hiệu dụng của nguồn sẽ được ban tổ chức cung cấp.

1. Chốt màu nào tương ứng với mỗi đầu ra A, B và D được chỉ trên sơ đồ.

2. Xác định giá trị của điện trở R và điện dung C của tụ điện.

3. Đánh giá điện trở rò của tụ điện.

4. Đánh giá sai số của các phép đo.

ĐÁP ÁN

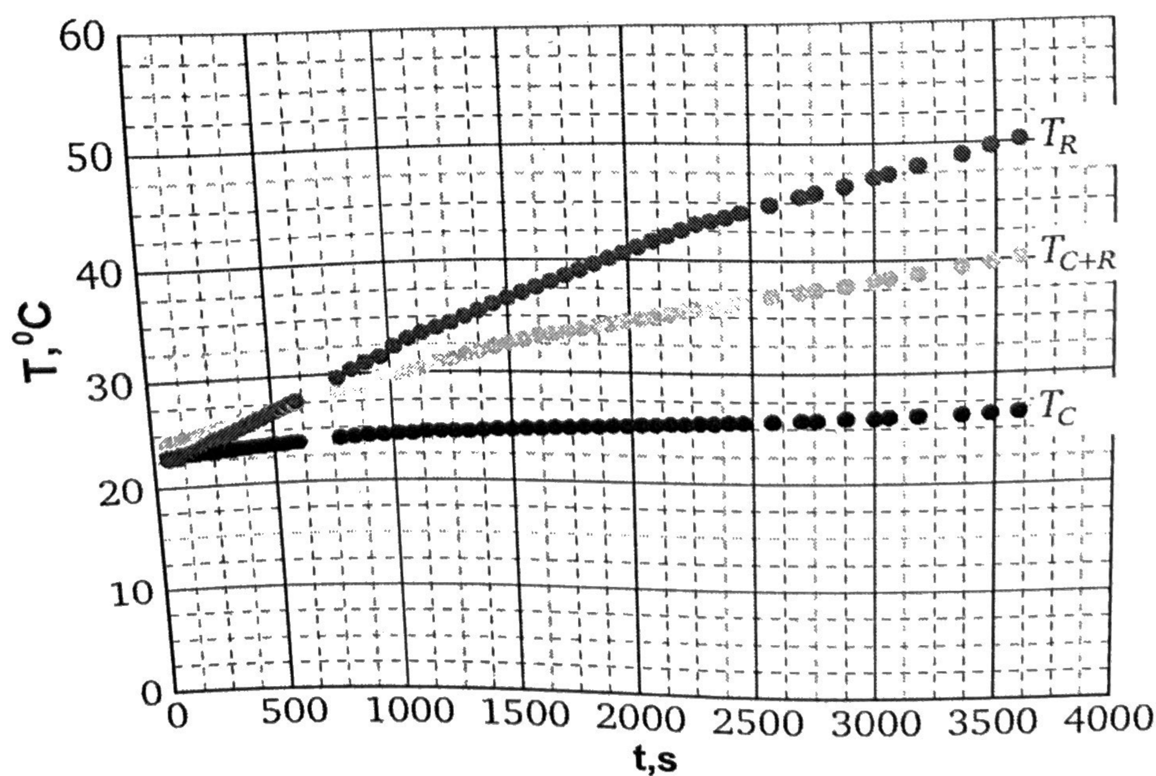
Điện áp hiệu dụng của nguồn là 42V, tần số 50Hz, khối lượng nước là 210g.

Để hiểu rõ những gì xảy ra trong bài tập này ta dựng đồ thị làm nóng hộp xám theo ba trường hợp khả dĩ mắc sơ đồ với nguồn điện áp (Bảng 11.3.1, hình 11.3.2,).

Bảng 11.3.1

t, c	T_C,°C/10	T_{C+R},°C/10	T_R,°C/10	t, c	T_C,°C/10	T_{C+R},°C/10	T_R,°C/10
60	231	241	227	1260	246	312	345
80	231	243	228	1320	246	316	350
100	231	243	228	1380	247	319	355
120	231	245	230	1440	248	323	361
140	232	246	231	1500	248	326	366
160	232	247	233	1560	249	329	371
180	232	248	234	1620	249	333	376
200	233	249	237	1680	250	334	381
220	233	251	239	1740	250	336	386
240	233	252	241	1800	251	339	391
260	233	253	244	1860	251	341	396
280	234	254	245	1920	252	343	401

t, c	T_C, °C/10	T_{C+R}, °C/10	T_R, °C/10	t, c	T_C, °C/10	T_{C+R}, °C/10	T_R, °C/10
300	234	256	247	1980	252	346	406
330	234	257	250	2040	253	348	411
360	235	260	253	2100	253	350	416
390	235	261	256	2160	254	352	421
420	236	263	259	2220	254	355	426
450	236	265	262	2280	255	357	431
480	237	267	265	2340	255	359	434
510	237	269	268	2400	256	361	437
540	237	270	271	2460	256	363	441
570	238	272	274	2580	257	368	448
600	238	274	277	2700	258	372	455
780	241	285	297	2760	258	374	458
840	242	288	304	2880	260	378	464
900	243	291	310	3000	260	382	471
960	243	297	315	3060	261	384	474
1020	244	299	324	3180	262	388	481
1080	244	302	331	3360	263	394	490
1140	246	305	336	3480	264	398	497
1200	246	309	340	3600	265	402	502



Hình 11.3.2

Như thấy rõ từ đồ thị, thậm chí sau một giờ, không một đường cong nào đạt tới bão hòa, tức là sau 2 giờ vẫn không thể đo được nhiệt độ cực đại của nước. Do đó vấn đề cơ bản của bài toán này là phân bố đúng thời gian để hoàn thành nhiệm vụ.

Phân bố thời gian tối ưu như sau: 20 phút để làm nóng nước theo phương án mắc thứ nhất, 20 phút làm nóng nước theo phương án mắc thứ hai và 20 phút làm nóng nước theo phương án mắc thứ ba và hai mươi phút để làm nguội.

Dẫn ra công thức được sử dụng trong bài toán:

$$P = cm\left(\frac{dT}{dt} + \kappa(T - T_0)\right)$$

Ở đây P – công suất tỏa nhiệt trên các linh kiện của hộp xám; T - nhiệt độ của hộp xám; T_0 - nhiệt độ phòng; và κ hệ số dẫn nhiệt.

Đối với các phương án mắc nguồn khác nhau P được xác định bằng cách sau:

$$P_R = \frac{U^2}{R}, \quad P_C = \frac{U^2}{r} \text{ và } P_{R+C} = \frac{U^2 R}{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$$

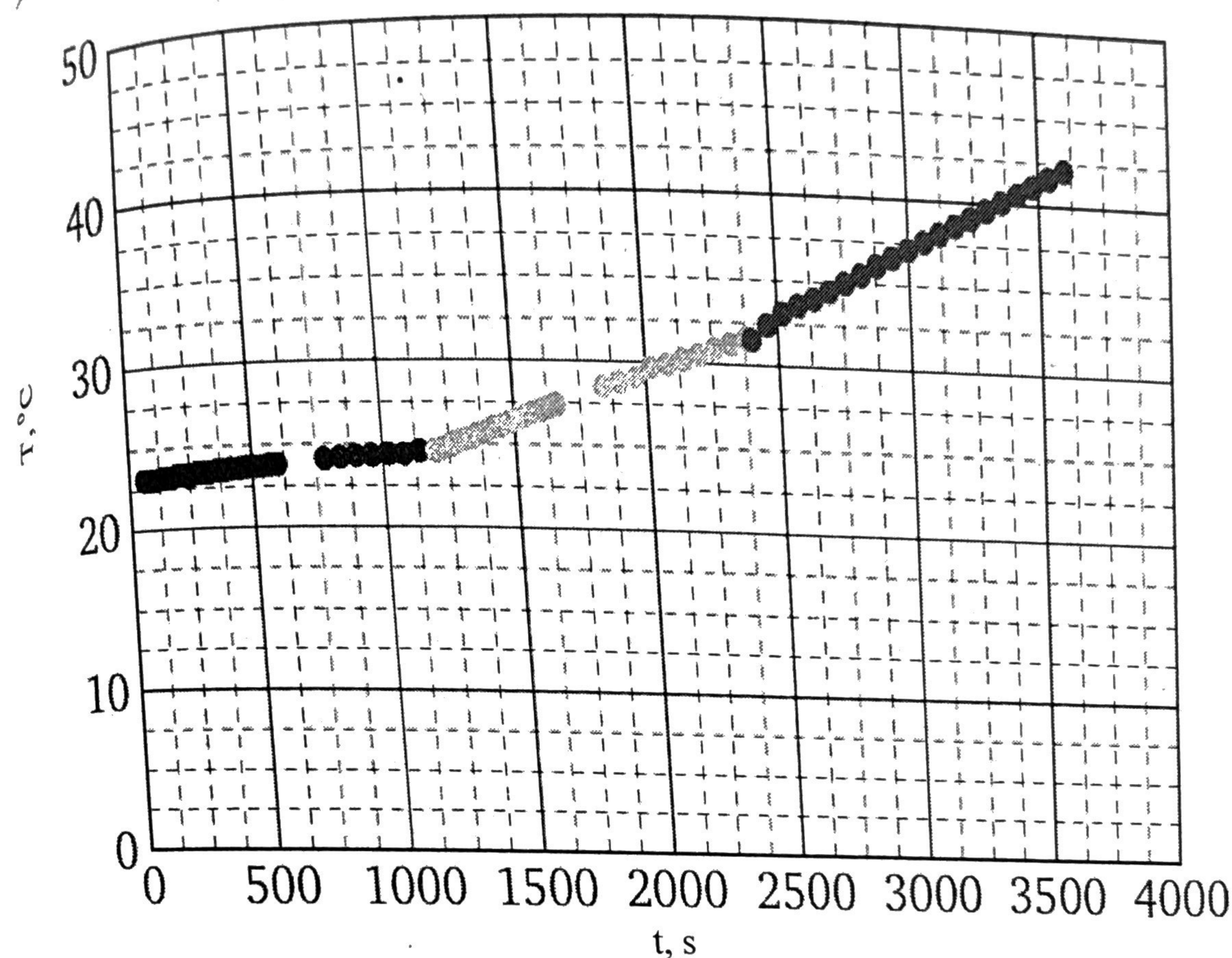
Theo điều kiện $r >> R$, nghĩa là $P_R >> P_C$.

Đồng thời cũng dễ thấy rằng $P_R > P_{R+C}$.

1. Tiến hành đo sự phụ thuộc của nhiệt độ vào thời gian. Có thể có 6 phương án trình tự thực hiện:

1) $R \to C \to R + C$; 2) $R \to R + C \to C$; 3) $C \to R \to R + C$

4) $C \to R + C \to R$; 5) $R + C \to R \to C$; 6) $R + C \to C \to R$



Hình 11.3.3

Xét đồ thị ở trường hợp thứ 4 nhằm mục đích là khi nhiệt độ càng cao thì công suất tỏa nhiệt càng lớn thuận lợi hơn cho quá trình làm thí nghiệm ta thu được đồ thị hình11.3.3 và số liệu ở bảng 11.3.2. Sai số phép đo nhiệt độ trong các phép đo là $0{,}5^0$C.

Bảng 11.3.2

t, c	T_C,°C/10	t, c	T_{C+R},°C/10	t, c	T_R,°C/10
60	231	1200	246	2400	315
80	231	1220	247	2460	324
100	231	1240	248	2520	331
120	231	1260	249	2580	336
140	232	1280	251	2640	340
160	232	1300	252	2700	345

t, c	T_C,°C/10	t, c	T_{C+R},°C/10	t, c	T_R,°C/10
180	232	1320	253	2760	350
200	233	1340	254	2820	355
220	233	1360	256	2880	361
240	233	1390	257	2940	366
260	233	1420	260	3000	371
280	234	1450	261	3060	376
300	234	1480	263	3120	381
330	234	1510	265	3180	386
360	235	1540	267	3240	391
390	235	1570	269	3300	396
420	236	1600	270	3360	401
450	236	1630	272	3420	406
480	237	1660	274	3480	411
510	237	1840	285	3540	416
540	237	1900	288	3600	421
570	238	1960	291		
600	238	2020	297		
780	241	2080	299		
840	242	2140	302		
900	243	2200	305		
960	243	2260	309		
1020	244	2320	312		
1080	244	2380	316		
1140	246				

Trong tất cả các trường hợp khác, dạng đồ thị sẽ thay đổi, nhưng chúng ta sẽ chỉ quan tâm tới các hệ số góc của các đồ thị đó. Để làm điều đó, ta dựng lại đồ thị của mỗi giai đoạn đốt nóng riêng rẽ ở tỷ lệ xích thuận tiện hơn cho tính toán.

Đo hệ số góc đối với mỗi đoạn.

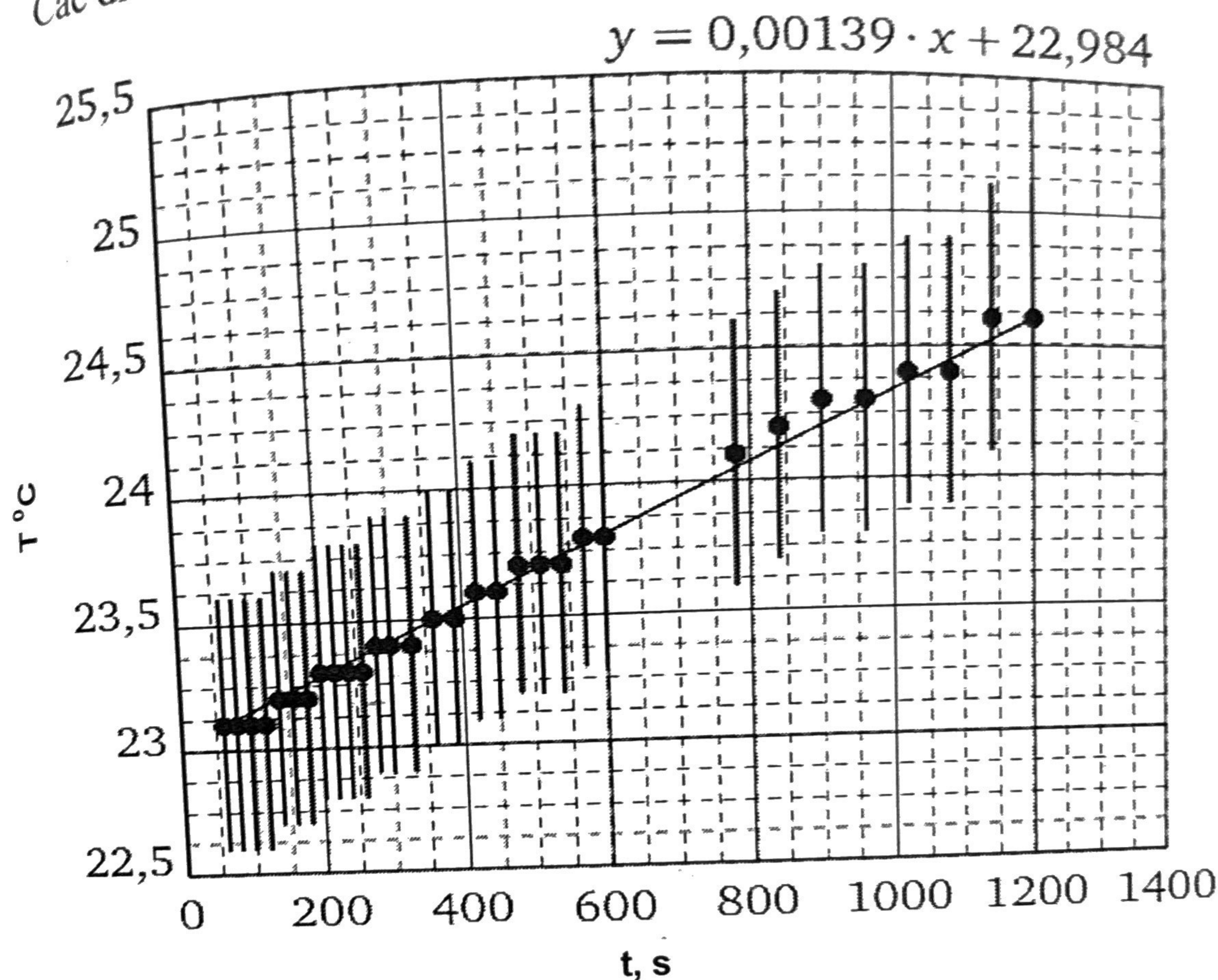
Các điểm mắc nguồn: đỏ - đen

Từ đồ thị trên hình11.3.4 ta tìm được $\frac{dT}{dt} = 1{,}39.10^{-3}$

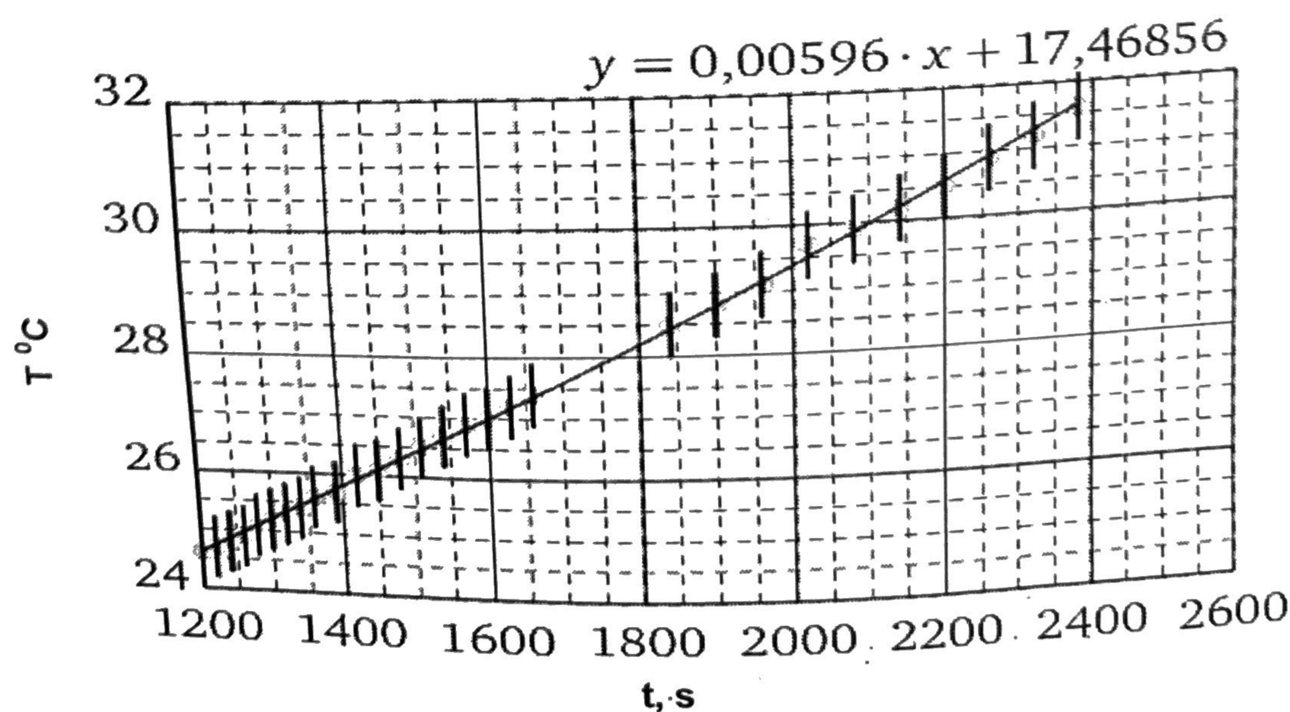
Các điểm mắc nguồn: đen – xanh.

Từ đồ thị trên hình11.3.5 ta tìm được $\frac{dT}{dt} = 5,97.10^{-3}$, khi $T = 25^0C$

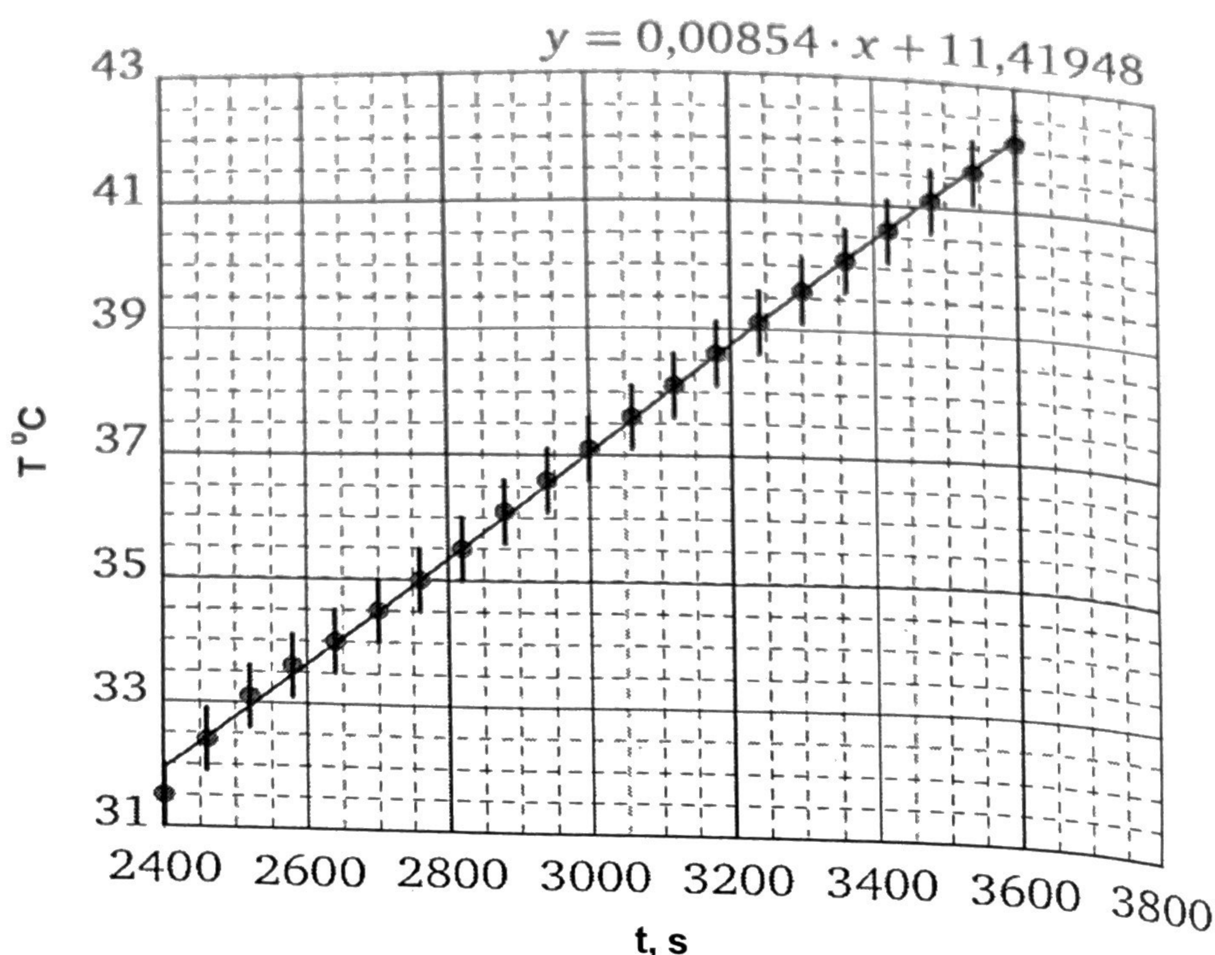
Các điểm mắc nguồn đỏ xanh



Hình 11.3.4



Hình 11.3.5



Hình 11.3.6

Từ đồ thị trên hình 11.3.6, ta tìm được $\frac{dT}{dt} = 8{,}54.10^{-3}$, khi $T = 37^0$C

Cũng phải tính đến sự truyền nhiệt. Ta đo sự phụ thuộc của độ nguội của hộp xám khi ngắt hết các điểm nối với nguồn (bảng 11.5.3).

Từ đồ thị trên hình 11.3.7, ta nhận được $\frac{dT}{dt} = -3{,}88.10^{-3}$ tại $T = 40^0C$

Xử lý kết quả.

Từ các kết quả trên, ta nhận được: $\kappa = (2{,}30 \pm 0{,}15).10^{-4}s^{-1}$

$$P_{do-den} = (0{,}12 \pm 0{,}5)W\ ;$$

$$P_{xanh-do} = (6{,}15 \pm 0{,}24)W;$$

$$P_{den-xanh} = (11{,}1 \pm 0{,}8)W$$

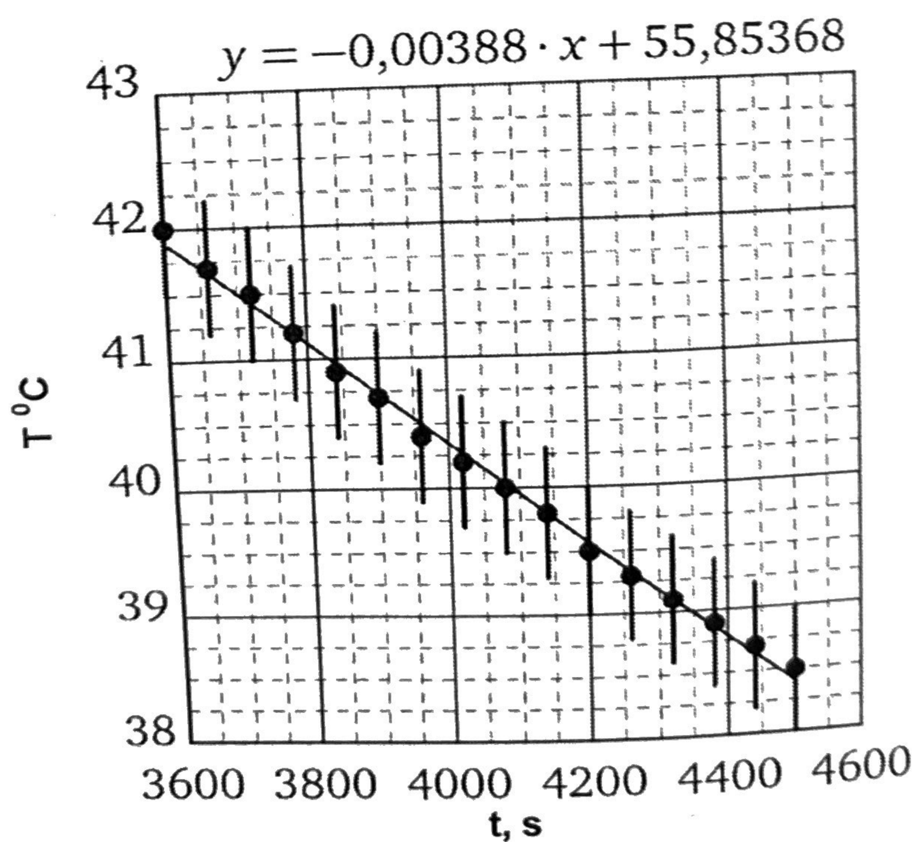
Bảng 11.3.3

t, c	T,°C	dT,°C	t, c	T,°C	dT,°C
3600	42,0	0,5	4080	40,0	0,5
3660	41,7	0,5	4140	39,8	0,5
3720	41,5	0,5	4200	39,5	0,5
3780	41,2	0,5	4260	39,3	0,5
3840	40,9	0,5	4320	39,1	0,5
3900	40,7	0,5	4380	38,9	0,5
3960	40,4	0,5	4440	38,7	0,5
4020	40,2	0,5	4500	38,5	0,5

Các đường với độ dốc lớn nhất tương ứng với R (nguồn mắc với A và B). Vì chúng ta đã nhận được $P_{den-xanh} > P_{xanh-do} >> P_{do-den}$, nên đường với độ dốc nhỏ nhất tương ứng với tụ (các đầu B và D). Do đó ta nhận được sự tương ứng với các màu:

A - xanh B – đen C – đỏ.

Khi đã biết điện áp hiệu dụng của nguồn, ta sẽ tính được R, C và r.



Hình 11.3.7

$$R = (159 \pm 21)\Omega, \quad C = (22 \pm 4)\mu F, \quad r = (14 \pm 5)k\Omega$$